

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**DETERMINAÇÃO DE MERCÚRIO EM CÉREBRO E MÚSCULO DE
PEIXES DO PANTANAL SUL VIA CV-AAS**

EDNA MARIA TEODORO
ORIENTADOR: JURANDIR RODRIGUES DE SOUZA

BRASÍLIA – 2007

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, que sempre guiou meus passos e confortou-me nos momentos em que precisei. Obrigada Senhor!

A meus pais que me ensinaram a lutar por meus objetivos.

A minha irmã amada que me acolheu e abriu as portas para a realização de meus sonhos.

Ao Wesley, meu grande companheiro, pelo carinho e amor que me dedica desde que entrou em minha vida, e pelo apoio na elaboração desse trabalho.

A amiga e “mestre” Fátima pelos preciosos ensinamentos acadêmicos, pela ajuda no laboratório e principalmente pela amizade.

À amiga Carla pela ajuda no laboratório e pela amizade.

Ao meu orientador professor Dr. Jurandir Rodrigues de Souza pela confiança quando aceitou me orientar, e pela liberdade que me deu nas tomadas de decisões mais importantes durante todo o período de trabalho.

Aos amigos e colegas do LQAA: Eduardo, Jeane, Maria Amélia, Cleiton, Sandra.

Às amigas da Colina: Bárbara, Eliane, Lorena, Luana e Larissa.

Ao professor Dr. Hélder Silva e Luna pela acolhida em Aquidauana.

A todos os membros da Pesquisa Pantanal, em especial à Suely e Berenice por coletarem parte das amostras.

À UnB que me proporcionou a base para a realização desse trabalho e o CNPq pela bolsa recebida que muito contribuiu durante o trabalho.

Resumo

O presente trabalho avaliou os níveis de concentração de mercúrio em peixes do Pantanal Sul Mato-grossense. Foram analisados dois tipos de tecidos (cérebro e músculo) de diferentes espécies. As principais espécies analisadas foram *Pygocentrus nattereri*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* e *Schizodon Borelli*, pertencentes respectivamente aos níveis tróficos: piscívoros, onívoros, detritívoros e herbívoros. As coletas foram feitas de março de 2003 a julho de 2006 nos rios Miranda e Aquidauana, onde não há registros de poluição ambiental por mercúrio.

A concentração média de Hg no músculo foi 61,8 ng/g para piscívoros, 11,5 ng/g para onívoros, 13,7 ng/g para detritívoros e 15,4 ng/g para herbívoros, sendo os três últimos valores estatisticamente iguais. Já para o cérebro, a concentração de Hg foi de 70,8; 54,1; 57,8 e 49,7 ng/g (estatisticamente iguais) para piscívoros, onívoros, detritívoros e herbívoros respectivamente.

Não foi observada correlação significativa entre a concentração de mercúrio nos tecidos e os dados biométricos, nem para a concentração de mercúrio entre os dois tecidos.

A concentração de mercúrio no cérebro mostrou-se superior à concentração de mercúrio no músculo para as espécies *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* e *Schizodon Borelli* e estatisticamente igual para *Pygocentrus nattereri*.

Abstract

The present work analyzed the mercury concentration levels in fishes of the South Pantanal – Mato Grosso do Sul. Two types of tissues (brain and muscle) of different species had been analyzed. The main analyzed species were *Pygocentrus nattereri*, *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* and *Schizodon Borelli*, that respectively belong to the following trophic levels: piscivorous, omnivorous, detritivorous and herbivorous. The samples were collected from March 2003 to July 2006 in Miranda and Aquidauana rivers, where there is not any register of mercury environmental pollution.

The average concentration of Hg in muscle was 61.8 ng/g for piscivorous, 11.5 ng/g for omnivorous, 13.7 ng/g for detritivorous and 15.4 ng/g for herbivorous, but the last three values were statistically equal. For the brain, the concentration of Hg was of 70.8; 54.1; 57.8 and 49.7 ng/g (statistically equal) for piscivorous, omnivorous, detritivorous and herbivorous, respectively.

It was not observed any significant correlation between the mercury concentration in the tissues and the biometrical data, either for the mercury concentration between two tissues.

The mercury concentration in the brain indicated to be higher than the mercury concentration in the muscle for the *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* and *Schizodon borelli* species and statistically equal for *Pygocentrus nattereri* species.

Índice

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÔNIMOS	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
1 - INTRODUÇÃO	1
2. - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 - O MERCÚRIO E SUA DISTRIBUIÇÃO NO MEIO AMBIENTE	3
2.1.1 – Hg na atmosfera.....	3
2.1.2 – Hg no solo	5
2.1.3 – Hg no meio aquático	7
2.1.3.1 - Hg em peixes	10
3 – OBJETIVOS	16
3.1 - OBJETIVO GERAL	16
3.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4- METODOLOGIA	17
4.1 – COLETA E ESTOCAGEM	17
4.2 – MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	17
4.3 – SOLUÇÕES E REAGENTES.....	17
4.4 – LIMPEZA DO MATERIAL.....	18
4.5 – DIGESTÕES DAS AMOSTRAS.....	18
4.5.1 – Fase I do processo de digestão	19
4.5.2 – Fase II do processo de digestão	20
4.6 – ANÁLISES DAS AMOSTRAS DIGERIDAS	21
4.7 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS	21
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1 – AMOSTRAS COLETADAS	22
5.2 – LIMITE DE DETECÇÃO	24
5.3 – PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO DE DIGESTÃO.....	27
5.4 – CONTROLE DE QUALIDADE	28
5.5 – ANÁLISES DOS PEIXES COLETADOS	29
5.5.1 – Análise de músculos	29
5.5.2 – Análise de cérebros	32
5.5.3 - Concentração de Mercúrio em músculo e cérebro.....	34
5.5.4 – Correlações entre as concentrações de mercúrio nos tecidos e os dados biométricos.....	35
5.5.4.1 – Correlações entre a Concentração de mercúrio no músculo e os dados biométricos: Comprimento Padrão e Peso	36
5.5.4.2 – Correlações entre a Concentração de mercúrio no cérebro e os dados biométricos: Comprimento Padrão e Peso	39
5.5.4.3 – Correlações entre a Concentração de mercúrio no cérebro e os a Concentração de mercúrio no músculo.....	42
6. CONCLUSÕES	44
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÊNDICE I	50
APÊNDICE II	55

Lista de abreviaturas e acrônimos

- [Hg]** - Concentração de mercúrio
- ABS** - Absorbância
- ANA** - Agência Nacional de Águas
- BAP** - Bacia do Alto Paraguai
- CETEM/CNPq** - Centro de Tecnologia Mineral
- CP** - Comprimento Padrão (mm)
- CT** - Comprimento Total (mm)
- CV** - Coeficiente de variação
- CV-AAS** (Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry) - Espectrometria de Absorção Atômica por geração de vapor frio
- DI** - diesel
- FEMA** - Fundação Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso
- FEv** - fatores de emissão de Hg para fontes veiculares
- GA** – gasolina
- LQAA** – Laboratório de Química Analítica e Ambiental da UnB
- MGT** - Mercúrio Gasoso Total
- MPT** - Mercúrio Particulado Total
- PCI** - Programa de Comparação Interlaboratorial
- ppb** - parte por bilhão
- ppm** - parte por milhão
- RMSP** - Região Metropolitana de São Paulo
- s** - desvio padrão da média
- SEMA** - Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Mato Grosso do Sul
- SNC** - Sistema Nervoso Central
- UFMS/CPAQ** - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/ Campus de Aquidauana
- UNESCO** - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

Lista de Tabelas

Tabela 1. Programa de digestão do cérebro - Fase I.....	19
Tabela 2. Programa de digestão do músculo - Fase I.....	20
Tabela 3. Programa de digestão do cérebro - Fase II.....	20
Tabela 4. Programa de digestão do músculo - Fase II.....	21
Tabela 5. Número e nível trófico das diferentes Espécies coletadas	22
Tabela 6. Dados biométricos das espécies-chave	23
Tabela 7. Leituras de branco para cálculo do limite de detecção.....	25
Tabela 8. Pontos da curva analítica para o cálculo do limite de detecção.	26
Tabela 9. Resultados obtidos na análise do padrão 341	28
Tabela 10. Resultados obtidos na análise do padrão 341	28
Tabela 11. Resultados de Hg total em peixe - Amostras do PCI.....	29
Tabela 12. Resultados do teste t: comparação das médias obtidas para os padrões e os valores de referência	29
Tabela 13. Resultados de Hg em músculo de peixes e dados biométricos	50
Tabela 14. Resultados de Hg em cérebro de peixes e dados biométricos.....	55

Lista de Figuras

Figura 1 – Fontes de do mercúrio	3
Figura 2 – Monitor de Mercúrio	21
Figura 3 - Distribuição percentual das espécies capturadas de acordo com nível trófico	23
Figura 4 – Imagens dos peixes escolhidos como espécies-chave	24
Figura 5 - Curva analítica para cálculo do limite de detecção.	26
Figura 6 - Concentração média de Hg em músculo de peixes de acordo com o nível trófico	30
Figura 7 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em músculo de peixe – Piscívoros.	31
Figura 8 - Concentração média de Hg em cérebro de peixes de acordo com o nível trófico	32
Figura 9 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em cérebro de peixe – Piscívoros	33
Figura 10 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em cérebro de peixe – Onívoros	33
Figura 11 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em cérebro de peixe – Detritívoros	33
Figura 12 - Concentração de Hg em Cérebro x Músculo (n= 89).....	34
Figura 13 – Correlação Comprimento Total x Comprimento Padrão.....	35
Figura 14 – Correlação Comprimento Padrão x Concentração de mercúrio no músculo	37
Figura 15 – Correlação Peso x Concentração de mercúrio no músculo	38
Figura 16 – Correlação Comprimento Padrão x Concentração de mercúrio no cérebro	40
Figura 17 – Correlação Peso x Concentração de mercúrio no cérebro.....	41
Figura 18 – Correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo de <i>Pygocentrus nattereri</i>	42
Figura 19 – Correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo de <i>Prochilodus lineatus</i>	42
Figura 20 – Correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo de <i>Piaractus mesopotamicus</i>	43

1 - Introdução

Os metais apresentam tanto efeitos positivos quanto negativos nos organismos vivos. A determinação desses em amostras biológicas é muito importante dado o seu caráter tóxico ou essencial. A essencialidade de um metal está ligada ao fato de que a sua falta no organismo pode causar algum tipo de disfunção, ou pode debilitar seriamente alguma função orgânica, e a adição desse elemento vai restaurar a saúde daquele organismo. Já a toxicidade surge do fato de que os metais tóxicos no organismo podem competir com os metais essenciais pelas rotas metabólicas ou inativar proteínas fundamentais nos processos de transporte, catálise e estruturação celular. De modo geral, a inativação protéica ocorre pela complexação do metal a um grupo químico da proteína¹.

Dentre os metais, o mercúrio apresenta especial importância devido a sua toxicidade. Ele possui alta afinidade pelo grupo sulfidril (-SH) das proteínas, agindo na desnaturação e inativação de enzimas ou alteração da atividade celular¹.

O mercúrio ocorre no meio ambiente associado a outros elementos. O mais comum é o enxofre, com quem forma o minério cinábrio (HgS), composto de cor vermelha ou preta, cujas maiores reservas encontram-se na Espanha e na Itália. As minas de mercúrio são responsáveis por emissões da ordem de 2.700 - 6.000 toneladas/ano. Outras fontes naturais de mercúrio são: erupções vulcânicas e evaporação natural².

O aporte antrópico de mercúrio ocorre através de indústrias que queimam combustíveis fósseis, produção eletrolítica de cloro-soda, produção de acetaldeído, incineradores de lixo, polpa de papel, tintas, pesticidas, fungicidas, lâmpadas de vapor de mercúrio, baterias, produtos odontológicos, amalgamação de mercúrio em extração de ouro, entre outros².

Quando lançado no ambiente, o Hg pode ser transportado de um lugar a outro a milhares de quilômetros da fonte de emissão. Uma vez no ambiente, ele pode sofrer tanto o processo de bioacumulação (concentração nos seres vivos acima dos níveis existentes no meio onde vivem) quanto de biomagnificação (transferência de um ser vivo para outro, de forma que as concentrações aumentam à medida que se caminha na cadeia alimentar)³.

Muitos dos estudos feitos no Brasil sobre o mercúrio focam bastante a atividade garimpeira como responsável pela contaminação do meio ambiente por mercúrio. Contudo, alguns estudos mostram que algumas regiões consideradas não impactadas pela mineração do ouro apresentam níveis de mercúrio comparáveis aos de regiões com histórico de garimpo, indicando assim, que existe um aporte natural de mercúrio para o ambiente⁴.

Segundo Bisinoti e Jardim⁵ (2004) os processos de queimada e desmatamento também contribuem para a mobilização do mercúrio natural. Assim, torna-se importante a avaliação de mercúrio em regiões que sofrem o impacto dessas atividades. Pertencendo a esse cenário está a Bacia do Alto Paraguai, e dentro dela a planície pantaneira.

O Pantanal é uma grande planície sedimentar inundável, localizada na Bacia do Alto Paraguai. Considerado patrimônio nacional pela Constituição Federal de 1988 e reconhecido como Reserva da Biosfera Mundial pela UNESCO desde 2000, é um dos principais biomas da América do Sul, e sofre grande influência dos biomas vizinhos: o cerrado a leste, a Amazônia ao norte e o Chaco ao sudoeste⁶.

Os principais rios da região pantaneira são: Paraguai, Paraná, Paranaíba, Miranda, Aquidauana, Taquiri, Negro, Apa e Correntes, os quais têm suas nascentes nas partes mais altas, em geral nos planaltos adjacentes à planície. Assim, as ações antrópicas praticadas nas últimas três décadas nesses planaltos têm atingido o Pantanal. Dentre essas ações estão a expansão desordenada e rápida da agropecuária em conjunto com pesadas cargas de agroquímicos, a exploração de diamantes e também a mineração de ouro com intensiva utilização de mercúrio⁶.

Desde 1987 estudos envolvendo o aspecto socioeconômico, legal, ambiental e de saúde pública relacionado à contaminação das águas com mercúrio na região do Pantanal têm se desenvolvido, sendo a maioria deles realizados no estado do Mato Grosso⁶. Uma base de dados referente a esse assunto abrangendo o estado do Mato Grosso do Sul ainda é pequena e o presente trabalho contribui para a ampliação dessas informações.

2. - Revisão Bibliográfica

2.1 - O mercúrio e sua distribuição no meio ambiente

O mercúrio é um elemento presente naturalmente na crosta terrestre, na água, na biota e na atmosfera. A Figura 1 ilustra as diferentes fontes do mercúrio, tanto por ação natural quanto por ação antrópica.

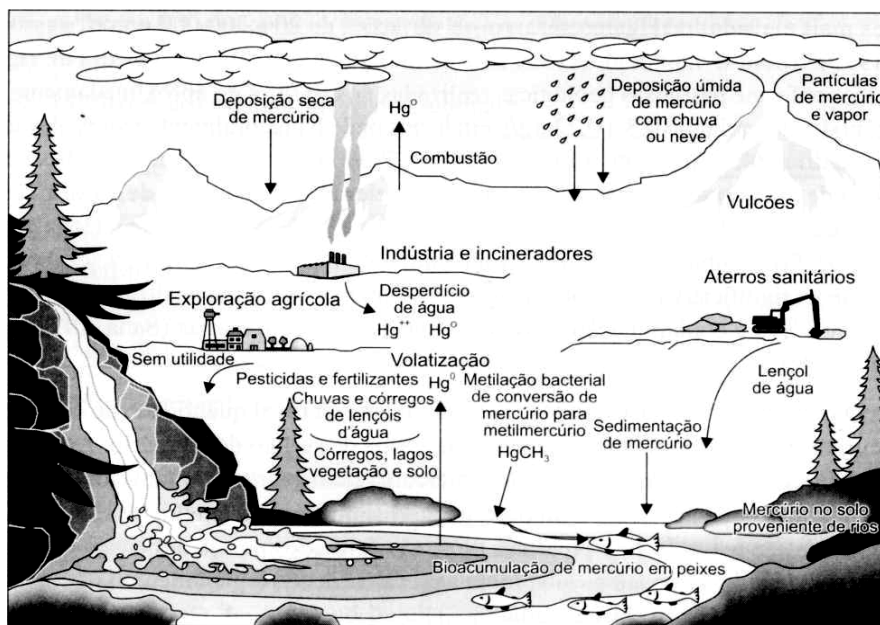


Figura 1 – Fontes de do mercúrio

Fonte: Azevedo (2003)⁷.

Dentre as diversas formas químicas do mercúrio, as espécies de distribuição mais ampla são: o Hg⁰ (vapor), predominante na atmosfera, o Hg(II) forma predominante em águas naturais e o metilmercúrio, que é a forma de maior importância ambiental devido a sua elevada toxicidade a organismos superiores⁸.

Os estudos realizados sobre mercúrio são diversos e refletem sua distribuição entre diferentes compartimentos terrestres (atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera).

2.1.1 – Hg na atmosfera

A presença de mercúrio na atmosfera deriva de várias fontes de emissão, dentre elas, a volatilização natural do Hg presente nos oceanos, a reemissão de superfícies terrestres e as emissões antrópicas. Como fontes antrópicas principais encontram-se as indústrias química e eletro-eletrônica, e também a queima de combustíveis fósseis. De forma que muitos dos trabalhos

realizados visam avaliar a contribuição dessas fontes para o aporte de Hg, com dedicação maior aos combustíveis fósseis⁸.

Lacerda *et al.*⁸ (2007) realizaram um estudo sobre emissão de Hg pela queima de gás natural afim de caracterizar ou não esta fonte como significativa para as emissões totais de Hg para a atmosfera no Brasil. Para o cálculo da emissão de mercúrio foram utilizados fatores de emissão obtidos a partir do consumo pelos diferentes segmentos que utilizam o gás natural como fonte energética no Brasil. Os resultados mostraram que a emissão total de Hg por queima de gás natural representa cerca de 1% da emissão total originada na queima de combustíveis fósseis e cerca de 0,01 % da emissão total de Hg para a atmosfera por fontes antrópicas no Brasil. Assim essa fonte é pequena em relação às demais fontes de Hg não resultando em impacto ambiental ou de saúde pública significativo.

No trabalho de Fiorentino e Fostier⁹ (2005) os fatores de emissão de Hg para fontes veiculares (FEv) foram calculados a partir das concentrações de Hg determinadas em amostras de álcool, gasolina e diesel coletadas em postos de combustíveis da Região Metropolitana de Campinas. Estes fatores foram utilizados para calcular as emissões de Hg originárias de fontes veiculares na região metropolitana de São Paulo (RMSP). Os FEv foram de 2,6 ng/km, 18 ng/km, e 18,7 ng/km para álcool, gasolina e diesel, respectivamente. Para veículos movidos a gasolina (GA) e a diesel (DI) da RMSP, as emissões de Hg calculadas com estes fatores foram de 1.138 g/ano e 651 g/ano, respectivamente, enquanto seriam de 82 – 212 g/ano (GA) e 45 - 240 g/ano (DI) se fosse utilizado o fator de emissão utilizado pela EPA (1.300 ng/km).

Fostier e Michelazo¹⁰ (2006) monitoraram as concentrações de Mercúrio Gasoso Total (MGT) e Mercúrio Particulado Total (MPT) durante as estações seca e úmida de 2002-2003 em dois pontos (industrial e residencial) da Região Metropolitana de Campinas. Não foi observada diferença significativa entre as concentrações dos pontos de amostragem. As concentrações médias foram $7,0 \pm 5,8$ ng/m³ (MGT) e $0,4 \pm 0,3$ ng/m³ (MPT). Uma maior concentração de MGT durante o dia foi observada, o que poderia estar relacionada com maior atividade antrópica durante esse período. Processos de dispersão atmosférica também poderiam explicar algumas variações sazonais observadas na concentração de MGT. Para o MPT observou-se uma tendência de diminuição da concentração durante a estação úmida, o que poderia ser explicado pela

remoção das partículas por deposição úmida. Segundo os autores, a queima de combustível fóssil pode aumentar significativamente a concentração de mercúrio na atmosfera.

2.1.2 – Hg no solo

O mercúrio presente na atmosfera pode retornar ao solo por meio da sua precipitação com as chuvas, e sofrer transformações no meio ambiente⁷.

Silva-Filho *et al.*¹¹ (2006) investigaram a transferência do Hg atmosférico para solo da Mata Atlântica na região de Ilha Grande. As concentrações de Hg na serrapilheira variaram de 20 a 244 ng/g e as maiores concentrações de Hg ocorreram no período da seca e as menores concentrações na estação chuvosa. Essa variabilidade reflete no fluxo de Hg através da serrapilheira, correspondendo a uma entrada de mercúrio para a cobertura do solo da floresta de 122 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{ano}$, com deposição média de $16,5 \pm 1,5 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{mês}$ durante o período de seca, e menos da metade desse valor no restante do ano.

No trabalho feito por de Oliveira *et al.*¹² (2007) amostras de diferentes solos da bacia do médio rio Negro – AM foram coletadas para a avaliação do teor de Hg nos mesmos e a influência de parâmetros como pH, matéria orgânica, ferro, alumínio entre outros, a distribuição de mercúrio de regiões alagadas e não alagadas. Embora a região não apresente histórico de garimpo, os valores de mercúrio encontrados foram comparáveis àqueles de solos considerados impactados por atividades de mineração. Além disso, o estudo mostrou que os solos ricos em materiais húmicos, localizados nas regiões alagáveis, têm concentração de mercúrio média com fatores entre 1,5 e 2,8 vezes maior que as regiões não alagadas.

Oliveira *et al.*¹³ (2007) realizaram um estudo no estado de São Paulo sobre a contaminação ambiental por Hg na Baixada Santista, local considerado como ambientalmente degradado e Ilha do Cardoso – área livre de atividades antrópicas expressivas. Foram amostrados cinco perfis de solos de diferentes manguezais da Baixada Santista e do manguezal da Ilha do Cardoso. Apenas dois dos pontos amostrados apresentaram elevadas concentrações de Hg. No restante dos pontos, os valores médios de concentração de Hg total obtidos para os solos da Baixada Santista foram similares aos obtidos na Ilha do Cardoso, e inferiores ao Valor de Prevenção (0,50 mg/kg) estabelecido pela CETESB para Hg em solos.

Segundo um estudo do CETEM/MCT¹⁴ (1999), a distribuição de Hg em solos superficiais da região rural de Alta Floresta - MT é fortemente influenciada pela localização de fontes potenciais de Hg e pela cobertura vegetal. As maiores concentrações foram encontradas em um raio de no máximo 20 km das fontes e sob solos de floresta, atingindo até 210 µg/kg. Os solos sob pastos mostraram teores de mercúrio até uma ordem de grandeza inferior aos valores encontrados sob florestas nos mesmos pontos, sugerindo que solos de pasto atuam como fontes difusas de Hg, através da reemissão permanente do Hg depositado.

Em seu trabalho Michelazzo e Fostier¹⁵ (2005) avaliaram as concentrações de mercúrio total em amostras de solo da região de Alta Floresta - MT, antes e depois da queimada de uma área de floresta, com o objetivo de tentar avaliar a influência das queimadas na concentração de Hg no solo. As amostras de solo foram coletadas em 5 pontos e em 5 profundidades. As concentrações de Hg variaram entre 39,4 e 119,4 ng/g. Os valores de Hg no solo obtidos comparam-se com os valores encontrados na literatura para a mesma região. Não foram observadas variações entre os pontos amostrados e nem variação significativa das concentrações de Hg antes e depois da queimada.

Apesar das queimadas não provocarem alterações na concentração de Hg no solo, segundo o estudo de Michelazzo e Fostier¹⁵ (2005), elas aceleram o processo erosivo do solo contribuindo para sua lixiviação, e conseqüentemente para uma maior entrada de Hg no meio aquático.⁴

No trabalho desenvolvido por Godoy *et al.*¹⁶ (2002) na região do Médio Taquari - MS foi realizada a geocronologia de sedimentos de fundo de três lagoas de inundação. Os resultados mostraram que embora a concentração de Hg tenha sido constante ao longo dos anos, houve um acréscimo no fluxo de Hg devido ao aumento da taxa de assoreamento, advinda da expansão das atividades agrícolas no Alto Rio Taquari durante os últimos 25 anos.

Estudo semelhante foi realizado por Leady e Gottgens¹⁷ (2001) no nordeste do Pantanal, em duas regiões: uma com histórico de atividade garimpeira e outra tomada como referência por ser considerada não impactada pela ação antrópica. O Hg foi quantificado por sua acumulação em sedimentos e por sua acumulação ao longo da cadeia alimentar. Os sedimentos foram datados com ²¹⁰Pb e ¹³⁷Cs. Observou-se que a acumulação média de Hg em

sedimentos antes de 1940 não diferiu significativamente entre a região de garimpo e a região tomada como referência. Contudo, após o período da corrida do ouro - após 1980 - a média de deposição de Hg na região impactada foi 1,5 vezes mais alta que na região de referência. Além disso, para o mesmo período, a acumulação de Hg em tal região de referência foi 2,1 vezes a taxa relatada para referências globais. Foi estimado que da quantidade de Hg liberada para a região desde 1980, apenas 2 a 8% retornou ao sedimento, sendo o restante perdido para a atmosfera ou estocado na biota.

2.1.3 – Hg no meio aquático

A distribuição das diversas espécies de mercúrio que entram no sistema aquático é regulada por processos físicos, químicos e biológicos, os quais ocorrem nas interfaces ar/água e água/sedimento, de forma que no meio aquático, o mercúrio é encontrado na coluna de água, no sedimento e na biota. E a conversão entre as suas diferentes formas é a base do complexo padrão de distribuição do mercúrio em ciclos locais e globais e de seu enriquecimento biológico².

Paraqueti *et al.*¹⁸ (2004) realizaram um estudo sobre a distribuição, especiação e fluxo do Hg nos principais tributários da Baía de Sepetiba. Foi determinada a concentração de mercúrio gasoso dissolvido, mercúrio reativo, mercúrio total dissolvido e mercúrio em material particulado nos períodos seco e chuvoso. A concentração média de mercúrio encontrada variou de 0,02 a 0,18 ng/L para Hg gasoso dissolvido, de 0,1 a 18,1 ng/L para Hg reativo, de 0,1 a 66,6 ng/L para Hg total dissolvido e de 0,3 a 250 ng/L para Hg em material particulado. Foi observada uma diminuição na concentração de Hg dissolvido durante o período chuvoso e um aumento de Hg em material particulado. Correlações positivas foram encontradas entre a concentração de Hg reativo e a concentração de Hg dissolvido total ($r = 0,99$); entre a concentração de Hg total e Hg em material particulado ($r = 0,95$) e a concentração de Hg particulado e a concentração de sólidos suspensos totais ($r = 0,82$).

Conceição e Silva¹⁹ (2005) analisaram a distribuição de elementos-traço em sedimentos superficiais do rio Itajaí-Mirim - SC. Foram realizadas coletas de sedimentos superficiais em 20 pontos. As análises revelaram que os elementos-traço Hg, Ni, Zn e Cu representam os casos mais preocupantes em

termos de contaminação ambiental nos sedimentos superficiais com destaque para Hg e Ni que apresentaram valores elevados para sedimentos de superfície.

Em seu trabalho, Ramos *et al.*²⁰ (2005) determinaram os níveis de Hg total em amostras de sedimentos coletados em 12 localidades ao longo do Ribeirão do Carmo e seus afluentes - região do Quadrilátero Ferrífero. O Ribeirão do Carmo e seus afluentes são explorados por atividades de garimpos clandestinos além de sofrer influência de outras atividades de mineração. Os resultados mostraram valores elevados de mercúrio para algumas localidades, podendo representar grande risco para população e para o meio ambiente.

Mirlean *et al.*²¹ (2005) determinaram os níveis de mercúrio em três lagos do Rio Grande do Sul e avaliaram a relação entre o mercúrio na água da chuva, na água dos lagos, nos sedimentos e nos tecidos de peixes de locais perto (áreas industriais e suburbanas) e distantes (área de conservação) das fontes de emissões do mercúrio. Foi também analisada a relação da concentração de Hg em espécies de peixes e seus níveis tróficos. O estudo mostrou que não houve diferença significativa para a concentração de Hg em sedimento entre os lagos. Em contraste, o mercúrio na precipitação nos lagos estudados aumentou com proximidade às fontes industriais. Tal fato também ocorreu para a concentração de Hg no tecido dos peixes e variou com nível trófico, mostrando que a deposição atmosférica do mercúrio perto dos lagos estudados pode estar diretamente ligada às concentrações nos peixes, onde as espécies piscívoras alcançam as concentrações mais elevadas.

Um estudo realizado pela Agência Nacional de Águas²² (2003) sobre a distribuição e transporte de mercúrio na Bacia do Alto Paraguai (BAP) demonstrou que há três regiões com elevados níveis de Hg em sedimentos, sendo elas Baía de Siá Mariana, a região de Poconé e a região de Morrinhos. Na região de Morrinhos houve correlações positivas dos teores de Hg no sedimento ativo com o de peixes, assinalando haver um processo de transferência ou biodisponibilidade do Hg para a cadeia trófica. Outro fator que indica a biodisponibilidade de Hg no meio aquático na BAP, é que embora a concentração média em peixes tenha sido 200 ng/g – inferior ao limite previsto na legislação – 37% das amostras apresentaram teores de Hg superiores ao valor considerado basal para rios de regiões não contaminadas por Hg.

Dentre as espécies de mercúrio, os organomercuriais são a forma mais tóxica desse elemento, distribuindo-se amplamente por todo o organismo e com maior uniformidade nos diferentes tecidos do que os sais inorgânicos. Os alquilmercuriais são estáveis e circulam inalterados por longo período, depois se dissociam, e o íon metilmercúrio une-se às proteínas e assim é biotransformado⁷.

O mecanismo de síntese do metilmercúrio ainda não foi completamente elucidado e, apesar deste composto ser a forma predominante do mercúrio em organismos superiores, ele representa apenas uma pequena fração do mercúrio total em ecossistemas aquáticos e atmosféricos. Assume-se que as reações de metilação e desmetilação ocorram em todos os compartimentos ambientais, sendo que cada ecossistema atinge seu próprio estado de equilíbrio com respeito às espécies individuais de mercúrio².

Alguns estudos sobre a dinâmica do metilmercúrio no meio aquático têm sido realizados.

Bisinoti *et al.*²³ (2005) realizaram experimentos de fotodegradação do metilmercúrio em campo através da exposição das amostras de água do Rio Negro à radiação solar. As amostras foram colocadas dentro de garrafas de água mineral e receberam a adição de compostos oxidantes, redutores e metilmercúrio. Os resultados obtidos demonstraram que o mecanismo que governa a degradação deste composto nas águas brancas é mais comportado e previsível dependendo basicamente da ação da radiação solar. Já para as águas pretas, o papel da radiação solar parece se igualar em importância com a natureza da matéria orgânica ou de oxidantes como o peróxido de hidrogênio presente nestas.

O trabalho de Bisinoti e Jardim⁵ (2004) demonstrou que o metilmercúrio é majoritariamente formado através de processos bióticos (principalmente das bactérias sulfato redutoras). Contudo, nos ambientes ricos em matéria orgânica predomina a metilação abiótica. Esta formação pode ocorrer sob condições aeróbias e anaeróbias (sendo mais intensa sob condições anaeróbias), tanto a partir do mercúrio inorgânico quanto do mercúrio metálico (posteriormente após sua oxidação), de forma que o Hg^0 proveniente da atividade garimpeira pode ser um bom substrato para a formação de metilmercúrio. Além disso, condições ácidas, com baixos valores de potencial redox são favoráveis à formação do metilmercúrio, mas na presença de elevadas concentrações de substâncias

húmicas, tanto o aumento como a diminuição na produção de metilmercúrio podem ocorrer. Isso mostra que o comportamento do mercúrio no ambiente é bastante complexo.

Uma vez formado, o metilmercúrio entra na cadeia alimentar através da rápida difusão e forte ligação com as proteínas da biota aquática², e bioacumula-se em organismos planctônicos, os quais transmitem o metilmercúrio aos seres de nível trófico mais alto²⁴.

Em seu trabalho, Kainz *et al.*²⁴ (2006), determinaram a concentração de mercúrio em organismos planctônicos divididos em quatro categoria por tamanho: séston (10–64 µm), micro (100–200 µm), meso (200–500 µm), e macrozooplankton (>500 µm), e também em peixes da espécie *Oncorhynchus mykiss* de lagos costeiros. Foi demonstrado que a concentração de metilmercúrio no plâncton aumentou consideravelmente com o tamanho, e que seus padrões de acumulação apresentam correlação positiva com a concentração de Hg total na espécie de peixe estudada ($r^2 = 0,71$). Segundo os autores, o aumento contínuo de mercúrio nos organismos aquáticos seria uma inabilidade dos organismos aquáticos de regular a assimilação de metilmercúrio na dieta.

2.1.3.1 - Hg em peixes

O metilmercúrio atinge sua concentração máxima em tecidos de peixes do topo da cadeia alimentar aquática devido à biomagnificação² e o emprego desses organismos que denunciam a contaminação por mercúrio, seja porque são concentradores desse elemento, seja porque evidenciam mais cedo seus efeitos tóxicos, pode ser de grande valia no sentido de que, funcionando como sentinelas avançadas, informam sobre a evolução da poluição⁷.

Alciati *et al.*²⁵ (2005) realizaram um estudo sobre a contaminação de Hg na bacia hidrográfica do Rio Jundiá - SP, que apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 1.200 km² e vazão média anual de 10,8 m³/s. Um total de 25 espécimes de 4 diferentes espécies de peixe foram analisados, bem como 14 amostras de águas. A concentração de mercúrio em peixes variou entre 174 e 1397 ng/g, e em águas entre 2,5 e 71,3 ng/L.

Existem fatores que afetam os níveis de metilmercúrio em peixes sendo eles: dieta/nível trófico da espécie, idade do peixe, atividade microbiana,

concentração de mercúrio na camada superior do sedimento local, conteúdo de carbono orgânico dissolvido, salinidade, pH e potencial redox².

Hylander *et al.*²⁶ (2006), estudaram o efeito do aumento da concentração de mercúrio em peixes do reservatório da hidrelétrica de Lago Manso – MT, durante a formação da barragem. A concentração de mercúrio foi determinada antes e depois da inundação do rio Manso. A concentração de mercúrio total em espécies predadoras variou de 70 a 210 ng/g no período anterior a inundação, de 72 a 755 ng/g durante a inundação e de 216 a 938 ng/g após a inundação. Ao mesmo tempo foi observado que a concentração de carbono orgânico na água aumentou e que a concentração de oxigênio diminuiu, indicando que a decomposição da matéria orgânica e o ambiente anóxico contribuem para o aumento da concentração de mercúrio em peixe.

Estudos sobre a contaminação de mercúrio em peixes da Amazônia mostram que o metilmercúrio corresponde a 90% da concentração total de Hg analisado e a dieta da maioria da população indígena e ribeirinha é constituída de peixe, aumentando assim a exposição destas populações às fontes de contaminação de mercúrio¹⁶.

Kehrig *et al.*²⁷ (1998) avaliaram a concentração de metilmercúrio em amostras de peixe no reservatório de Balbina – AM, e as concentrações variaram de 0,03 a 0,90 µg/g com média de $0,24 \pm 0,18$ µg/g. A porcentagem de metilmercúrio correspondeu a mais de 90% do mercúrio total, mais uma vez indicando ser esta a forma predominante do mercúrio em peixes.

Barros *et al.*²⁸ (2002) realizaram um trabalho sobre a concentração de Hg em peixes do Baixo Rio Madeira no período de 2001 a 2003, cerca de 15-20 anos após o término das atividades garimpeiras na região. O estudo mostrou que embora tenha ocorrido uma redução da emissão de Hg na Bacia do Rio Madeira por atividade garimpeira, as concentrações de Hg em peixes são semelhantes às encontradas durante o período de corrida do ouro.

Dórea *et al.*²⁹ (2004) avaliaram a concentração de mercúrio em duas espécies de piranhas (*Serrasalmus aff. eigenmanni* e *Serrasalmus rhombeus*) da bacia do Rio Negro, e observaram que a segunda apresenta concentração de mercúrio maior que a primeira, sendo tal fato atribuído ao tamanho dos peixes, já que houve diferença nos coeficientes de correlação para as duas espécies – *Serrasalmus rhombeus* ($r= 0,4443$) e *Serrasalmus aff. eigenmanni* ($r= 0,1520$).

Barbosa *et al.*³⁰ (2003) avaliaram a concentração de Hg em 951 amostras de peixes representantes de quatro níveis tróficos – herbívoros, detritívoros, onívoros e piscívoros. A região de estudo foi a bacia do Rio Negro e os resultados mostraram que a concentração de Hg variou muito em todas as espécies, além de uma dependência da mesma com a estratégia alimentar. As maiores concentrações ocorreram nos piscívoros, onde 60% das espécies apresentaram concentração de Hg superior ao limite de segurança (500 ppb) para consumo humano. Foi também observada uma correlação positiva entre o peso do peixe e a concentração de mercúrio para as espécies piscívoras: *Serrasalmus spp*, *Cichla spp* e *Pimelodus spp*. O mesmo não ocorreu para as espécies não piscívoras, as quais apresentaram correlação negativa. Os resultados de mercúrio em peixe da região estudada – sem histórico de atividade garimpeira – são comparáveis aos outros rios amazônicos, mostrando que a alta concentração de mercúrio no músculo deriva de fontes naturais.

Farias *et al.*³¹ (2005), avaliaram concentração de mercúrio em duas fazendas de piscicultura no nordeste do MT, com e sem histórico de atividade garimpeira. Não foi observada diferença significativa da concentração de mercúrio nos peixes das duas áreas estudadas.

Leady e Gottgens¹⁷ (2001) avaliaram a concentração de Hg em quatro espécies de peixes (*Aphyocharax sp.*, *Tetragonopterus sp.*, *Serrasalmus spiroleura* e *Pygocentris nattereri*). Para as duas espécies de piranha a concentração de Hg foi $149,9 \pm 84,2$ e $302,2 \pm 159,1$ ng/g de massa seca na região impactada e $172,3 \pm 114,7$ e $111,6 \pm 60,0$ para Acurizal – região de referência.

Em seu trabalho Vieira e Alho³² (2000) avaliaram a biomagnificação de o mercúrio partir dos níveis de contaminação nos sedimentos, moluscos, peixes (carne e fígado) e aves (penas e fígado) no Pantanal. Os níveis de mercúrio nos sedimentos e nos moluscos foram baixos, embora com maior contaminação nos moluscos. As maiores freqüências de peixes contaminados acima do nível crítico para consumo humano ocorreram nas espécies carnívoras dos rios Cuiabá e Bento Gomes. Os teores de mercúrio nas aves (penas e fígado) também evidenciaram contaminação. As aves piscívoras apresentaram níveis mais elevados do que as que se alimentam de moluscos. Os resultados sugerem a ocorrência de biomagnificação do mercúrio, pois os organismos de níveis tróficos mais elevados apresentaram teores mais altos.

A avaliação dos níveis de mercúrio em peixes é geralmente realizada no tecido muscular, pois, esse tecido destaca-se por sua importância na alimentação humana, representando uma valiosa fonte de proteínas.³³ A maior parte do mercúrio em peixes reside no músculo na forma neurotóxica de metilmercúrio³⁴.

O estudo da concentração de mercúrio em outros tecidos de peixes - fígado, sangue, gônadas, cérebro e brânquias - em geral objetivam um melhor entendimento da dinâmica do mercúrio em peixes. O fígado é tido como tecido alvo de estudo porque desempenha a função de desintoxicação de xenobióticos e também por ser uma medida da saúde do indivíduo. A avaliação no sangue é realizada por ele constituir uma importante rota de distribuição do Hg e refletir a carga de mercúrio na corrente sangüínea. O cérebro é de interesse porque é um órgão alvo do metilmercúrio e as brânquias por refletirem a concentração de mercúrio na água³⁴.

Em seu trabalho, Régine *et al.*³⁵ (2006) avaliaram que distribuição do mercúrio nos órgãos dos peixes ocorre de forma diferenciada, e que as porcentagens do metilmercúrio no alimento consumido pelos peixes de acordo com os diferentes regimes alimentares poderiam esclarecer tais diferenças. As espécies de peixes perifitófagas e bentívoras ingerem biofilmes e pequenos invertebrados bênticos com níveis completamente baixos do metilmercúrio - 18% e 35 a 52% de Hg total - respectivamente, as relações mais elevadas [Hg]-órgãos/[Hg]-músculo foram observadas para o fígado e rins, os dois órgãos alvo principais para o mercúrio inorgânico nos peixes. Já, as espécies piscívoras ingerem uma grande quantidade de peixes de tamanho variado, com porcentagens elevadas de metilmercúrio em seu tecido muscular (quase 80%);

Rouleau e colaboradores³⁶ (1999) estudaram a distribuição do ²³⁰Hg (II) no Sistema Nervoso Central (SNC). Um grupo de peixes foi exposto por 7 e 21 dias a água contendo Hg(II), e outro recebeu injeção intravenosa de Hg (II), sendo sacrificado 1 e 21 dias depois. Não foi observado acúmulo de mercúrio no cérebro para o segundo grupo, indicando que a barreira sangue-cérebro é impermeável ao Hg do plasma. Já para o primeiro grupo, houve acúmulo de Hg em áreas específicas do cérebro. A entrada de mercúrio se daria por meio do transporte axonal, que consiste num processo fisiológico de transporte de organelas e constituintes neuronais dissolvidos ao longo dos axônios para os terminais nervosos e desses, de volta para os corpos celulares. Essa

constituiria uma rota pela qual materiais estranhos, entre eles os metais tóxicos (Pb, Cd, Hg, Tl, Ag) poderiam burlar o barreira sangue cérebro para alcançar o SNC.

Na pesquisa realizada por Régine *et al.*³⁵ (2006), doze espécies de peixes de seis níveis tróficos (herbívoros, perifitófagos, bentívoros, onívoros, carnívoros, piscívoros) foram coletados no Rio de Maroni – Guiana Francesa - a fim analisar a distribuição do mercúrio em seis tipos de órgãos (brânquias, fígado, rins, músculo, estômago e intestino) e procurar uma relação entre o organotropismo e os hábitos alimentares. O estudo revelou que há uma ligação entre o organotropismo do mercúrio e os hábitos alimentares dos peixes, com relações elevadas da [Hg]-brânquias/[Hg]-músculo nas espécies herbívoras; relações elevadas das [Hg]-intestino-fígado-rins/[Hg]-músculo para as espécies bentívoras e perifitófagos. Em contraste, relações <1 nos diferentes órgãos para espécies piscívoras e onívoras. Então, o organotropismo do mercúrio é caracterizado por concentrações elevadas do metilmercúrio no músculo e nas relações comparativamente baixas da [Hg] órgãos/[Hg]músculo.

No trabalho realizado por Haynes *et al.*³⁷ (2006) sobre a concentração de Hg na espécie *Micropterus salmoides* foi observado que a concentração média de mercúrio no cérebro (0,234 ug/g) foi significativamente inferior à concentração média de mercúrio no músculo (0,662 ug/g) e fígado (0,556 ug/g).

Cizdziel *et al.*³⁴ (2002) analisaram 340 peixes pertencentes a cinco espécies, e determinaram a concentração de Hg no sangue e em diferentes tecidos (músculo, fígado, gônadas, cérebro, brânquias e coração). O trabalho mostrou que a concentração de Hg nos tecidos seguiu a seguinte ordem: fígado>sangue>gônada>músculo>brânquias>cérebro>coração.

O trabalho de revisão bibliográfica procurou destacar que, devido ao uso do mercúrio em diversos processos, muitos são os estudos sobre seu impacto nos diferentes compartimentos terrestres. Entretanto, a maior parte desses estudos foca a atividade garimpeira como responsável pela contaminação ambiental por mercúrio, principalmente na região amazônica. Todavia, ainda nessa região são observados elevados níveis de mercúrio em áreas não impactadas pelo garimpo, indicando que existe um aporte natural do mercúrio para o ambiente⁴.

Trabalhos sobre as concentrações de mercúrio em regiões brasileiras

sem histórico de garimpo são pouco realizados, de forma que o conhecimento dos níveis basais de mercúrio em tais regiões é escasso, e dentre essas regiões, está o Pantanal sul mato-grossense.

3 – Objetivos

3.1 - Objetivo Geral

Realizar um levantamento das concentrações de mercúrio em peixes do Pantanal Sul Mato-grossense.

3.2 - Objetivos Específicos

Avaliar as concentrações de mercúrio nos diferentes tecidos músculo e cérebro de peixes do Pantanal Sul, sua possível biomagnificação ao longo da cadeia alimentar e a existência de correlação entre as concentrações de mercúrio e dados biométricos, e também entre as concentrações de mercúrio nos dois tecidos analisados.

4- Metodologia

4.1 – Coleta e Estocagem

As espécies analisadas foram coletadas em quatro localidades das planícies de inundação dos rios Aquidauana e Miranda no Mato Grosso do Sul. Foram realizadas coletas mensais no período de março/2003 a julho/2006.

Foram utilizados para captura: tarrafas, redes de arrasto, anzóis. Os peixes coletados foram mantidos em tanques com água até o momento de retirada dos tecidos. Dos exemplares foram anotados os dados referentes a comprimento total, comprimento padrão, peso total. Os músculos foram armazenados em sacos plásticos e os cérebros em frascos de vidro, devidamente etiquetados e mantidos em gelo até serem levados para o laboratório da UFMS/CPAQ, em Aquidauana, onde foram mantidos congelados até serem transportados para o laboratório de Química Analítica e Ambiental da Universidade de Brasília.

Os pontos de coleta foram:

1. Fazenda Dois Amigos - Rio Aquidauana, MS
2. Fazenda Aguapé - Rio Aquidauana, MS
3. Base de Pesquisa da UFMS - Rio Miranda, MS. Está localizada na margem direita do Rio Miranda, na região do Passo do Lontra, município de Corumbá, MS. Coordenadas: 19°34'37"S e 57°00'42" W .
4. Pousada da Cida – Rio Miranda, MS.

4.2 – Materiais e Equipamentos

1. Forno de digestão por microondas, Provecto Sistemas Analíticos, modelo DGT 100, de potência máxima 1000 W. Capacidade para 12 amostras em frascos de hostafilon.
2. Balança Mettler, modelo AC 204.
3. Micropipetas de volume variável, FINNIPIPETE, de 10 – 100 µL e de e 100 – 1000 µL.
4. Monitor de mercúrio, modelo MM3200 da Termo Separation Products.
5. Purificador de água de sistema de destilação sem ebulição (Quartex).

4.3 – Soluções e Reagentes

1. Ácido nítrico concentrado – Merck
2. Peróxido de hidrogênio 30% - Merck

3. Permanganato de Potássio 6%
4. Hidroxilamina 10%
5. Cloreto estânico 5%
6. Cloreto de sódio 1%
7. Solução padrão de HgCl_2 500 ppm
8. Solução estoque de HgCl_2 500 ppb

4.4 – Limpeza do Material

O material utilizado foi limpo procedendo conforme segue:

A vidraria foi lavada em solução alcoólica saturada com KOH, enxaguada em água de torneira e imersa em solução de ácido nítrico 20% por 12 horas, após esse período foi enxaguada em água destilada e seca à temperatura ambiente.

Os frascos de hostafon utilizados para a digestão das amostras foram lavados com sabão de coco, enxaguados com água sonificados por 1 hora, imersos em solução de ácido nítrico 20% por 12 horas, após esse período foram enxaguados em água destilada e secos com papel toalha.

4.5 – Digestões das amostras

Para todas as amostras foram utilizadas digestões ácidas. Contudo, a digestão passou por um processo de otimização, de forma que as digestões foram realizadas em duas fases (Fase I e Fase II), pois se observou que o processo de digestão dos músculos na Fase I (KMnO_4 como agente oxidante) não se mostrava muito eficiente, pois os valores da triplicata de uma amostra apresentavam uma variabilidade muito grande, sendo necessárias várias análises para obtenção de resultados confiáveis. Devido a esse fato, em uma fase posterior de análise (Fase II) foram realizadas mudanças que levaram em conta não só a substituição do agente oxidante (KMnO_4 por H_2O_2), como também a alteração da programação de digestão no sistema de microondas. Tais mudanças foram feitas com base nos resultados obtidos na análise do padrão 341 (padrão do Programa de Comparação Interlaboratorial), cujo valor é de certificado é $0,544 \pm 0,096$ $\mu\text{g/g}$ de mercúrio. Assim, parte das amostras foi digerida de acordo com a Fase I e outra parte conforme a Fase II. O aquecimento da amostra foi feito com a sua exposição a radiações de microondas em ambas as fases. Para maior precisão e exatidão da análise, a

digestão foi realizada em triplicata e periodicamente um padrão foi juntamente analisado.

Também foi realizada uma modificação na metodologia de digestão do cérebro porque com um tempo maior de digestão (Fase I), era observada evaporação em algumas alíquotas, o que resultava em perda de material disponível para análise. A redução na massa utilizada se deu a fim de que as análises pudessem ser realizadas em triplicata, já que a quantidade de material de cérebro em geral é bastante pequena. A redução na quantidade de reagente foi consequência do processo de otimização de digestão.

A seguir são descritas as Fases I e II para a digestão das amostras.

4.5.1 – Fase I do processo de digestão

Nesta fase foram analisadas 46 amostras de músculo e 06 de cérebro. A metodologia usada para a digestão do cérebro foi a seguinte:

- 0,05 g de amostra
- 4,0 mL de HNO₃ concentrado (65%)
- 2,0 mL de H₂O₂ 30%

Tabela 1. Programa de digestão do cérebro - Fase I
Programação no Microondas

Passo	Tempo (min)	Potência (W)
1	08	300
2	05	550
3	08	800
4	04	000
5	06	850

Após a digestão as amostras foram resfriadas por 15 minutos na capela e em seguida em água e gelo por 20 minutos. Depois cada uma das alíquotas foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL.

Já para o músculo adotou-se a seguinte metodologia:

- 0,4 g de amostra
- 4,0 mL de HNO₃ concentrado (65%)

Tabela 2. Programa de digestão do músculo - Fase I
Programação no Microondas

Passo	Tempo (min)	Potência (W)
1	06	450
2	03	000
3	06	850
4	03	000
5	05	800

Após a digestão, as amostras foram resfriadas por 15 minutos na capela e em seguida em água e gelo por 20 minutos. Após o completo resfriamento das amostras digeridas, cada uma das alíquotas foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL, onde se adicionou 1,5 mL de solução de KMnO_4 6% e 0,4 mL de solução de hidroxilamina 10%.

4.5.2 – Fase II do processo de digestão

Nesta foram analisadas 187 amostras de músculo e 111 de cérebro.

A metodologia usada para a digestão do cérebro foi a seguinte:

- 0,04 – 0,07g de amostra
- 2,5 mL de HNO_3 concentrado (65%)
- 1,5 mL de H_2O_2 30%

Tabela 3. Programa de digestão do cérebro - Fase II
Programação no Microondas

Passo	Tempo (min)	Potência (W)
1	06	300
2	06	550
3	05	800
4	04	000
5	06	850

Após a digestão as amostras foram resfriadas por 15 minutos na capela e em seguida em água e gelo por 20 minutos. Depois cada uma das alíquotas foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL.

Já para o músculo adotou-se a seguinte metodologia:

- 0,4 g de amostra
- 4,0 mL de HNO_3 concentrado (65%)
- 2,0 mL de H_2O_2 30%

Tabela 4. Programa de digestão do músculo - Fase II
Programação no Microondas

Passo	Tempo (min)	Potência (W)
1	06	450
2	04	650
3	06	850
4	04	000
5	05	800

Após a digestão as amostras foram resfriadas por 15 minutos na capela e em seguida em água e gelo por 20 minutos. Depois cada uma das alíquotas foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL.

4.6 – Análises das amostras digeridas

As concentrações de mercúrio foram determinadas por Espectroscopia de Absorção Atômica de Vapor Frio CV-AAS utilizando monitor de mercúrio modelo MM 3200 da Termo Separation Products. Essa técnica de análise permite a detecção de teores de mercúrio entre parte por bilhão (ng/L) até parte por milhão (mg/L).



Figura 2 – Monitor de Mercúrio

4.7 – Análises Estatísticas

Para a análise estatística dos dados foram utilizados os programas Microsoft Office Excel 2003 e Origin 6.0.

5- Resultados e discussão

5.1 – Amostras coletadas

Foram coletadas 233 amostras de peixes de 19 espécies pertencentes a quatro diferentes níveis tróficos: piscívoros, onívoros, detritívoros e herbívoros. Algumas dessas espécies são freqüentemente consumidas pelas populações locais, destacando o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), espécie onívora, que é também muito apreciado pela pesca esportiva. A Tabela 5 apresenta as espécies coletadas com o respectivo hábito alimentar.

Tabela 5. Número e nível trófico das diferentes Espécies coletadas

Nome Popular	Nome Científico	n	Nível trófico
Armau	<i>Oxydoras spp</i>	01	D
Barbado	<i>Pinirampus pinirampu</i>	01	P
Cachara	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	04	P
Catirina	<i>Catoprion mento</i>	08	P
Curimbatá	<i>Prochilodus lineatus</i>	26	D
Corvina	<i>Plagioscion spp</i>	03	P
Jaú	<i>Paulicea luetkeni</i>	04	P
Jeripoca	<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	01	P
Jurupensen	<i>Sorubim cf. lima</i>	02	P
Pacu	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	61	O
Pacu Coxa de Negro	<i>Myloplus levis</i>	01	H
Pacu Peva	<i>Mylossoma orbignyianum</i>	01	H
Palmito	<i>Pimelodus valenciannes</i>	01	P
Piau	<i>Leporinus friderici</i>	02	O
Pintado	<i>Pimelodus clarias</i>	01	P
Piranha	<i>Pygocentrus nattereri</i>	102	P
Sairu	<i>Tetragonopterus argenteus</i>	01	D
Traíra	<i>Hoplias gr. malabaricus</i>	01	P
Ximboré	<i>Schizodon borelli</i>	12	H
Total de amostras coletadas		233	

A Figura 3 apresenta o gráfico com distribuição percentual das espécies capturadas de acordo com nível trófico, onde pode ser observado que a maior parte dos peixes coletados é piscívora.

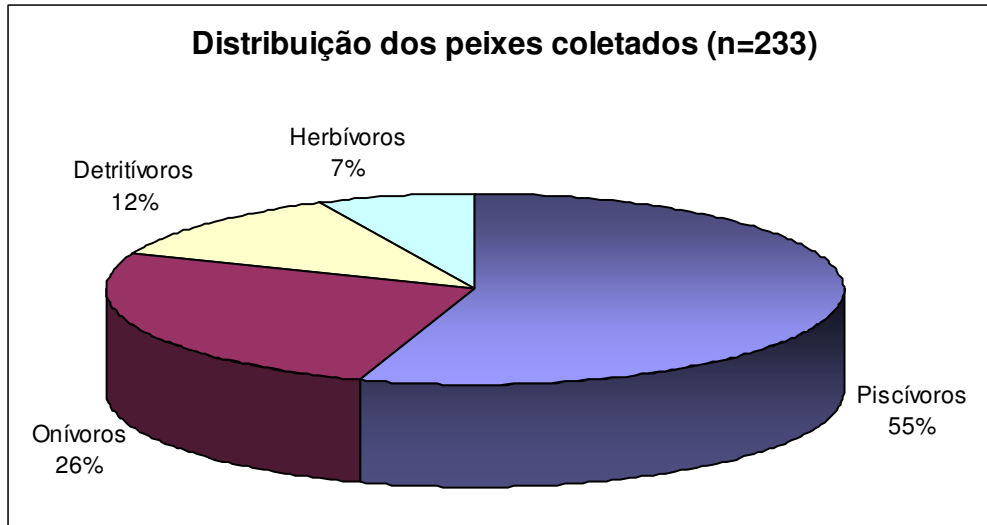


Figura 3 - Distribuição percentual das espécies capturadas de acordo com nível trófico

Tendo em conta a variação das espécies de peixes capturadas, a escolha de espécies-chave foi realizada, tendo como critério o maior número de espécimes pertencente a cada um dos níveis tróficos. Foram escolhidas quatro espécies de peixes: Curimatá (*Prochilodus lineatus*), Ximboré (*Schizodom borelli*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Piranha (*Pygocentrus nattereri*) para representar, respectivamente os níveis tróficos detritívoro, herbívoro, onívoro e piscívoro. A Tabela 6 mostra os dados biométricos dessas espécies em valores médios e também desvio padrão associado. Observa-se que o *Piaractus mesopotamicus* apresenta os maiores valores de CT, CP e peso, seguido em ordem decrescente por *Prochilodus lineatus*, *Schizodom borelli*, e *Pygocentrus nattereri*.

Tabela 6. Dados biométricos das espécies-chave

Espécie	CT (mm)	CP (mm)	Peso (g)	Nível Trófico
<i>Prochilodus lineatus</i>	348,9 ± 14,1	305,4 ± 24,7	747,9 ± 176,8	D
<i>Schizodom borelli</i>	273,5 ± 14,1	247,7 ± 7,1	290,4 ± 31,8	H
<i>Piaractus mesopotamicus</i>	434,2 ± 21,2	386,6 ± 3,5	2010,5 ± 95,5	O
<i>Pygocentrus nattereri</i>	192,5 ± 63,6	163,3 ± 56,6	241,1 ± 239,0	P

A Figura 4 traz as imagens dos peixes escolhidos com espécies-chave.



Piaractus mesopotamicus



Pygocentrus nattereri



Schizodon borelli



Prochilodus linatus

Figura 4 – Imagens dos peixes escolhidos como espécies-chave

5.2 – Limite de Detecção

Para a determinação de mercúrio foi empregada a técnica de absorção atômica, a qual se baseia na absorção de radiação quando o analito passa por um caminho ótico. Assim faz-se a medida de atenuação da energia do feixe de luz, relacionando-o com a quantidade de matéria existente em uma solução. Essa atenuação do feixe segue um comportamento linear em relação à concentração da amostra e obedece a equação de Beer-Lambert.

$$A = \epsilon \cdot b \cdot [c] \text{ (Equação de Beer-Lambert)}$$

Onde:

A = absorvância
 ϵ = coeficiente de absorvidade
b = caminho ótico
[c] = concentração

Esta técnica é uma das mais utilizadas devido a sua facilidade, alta sensibilidade e custos relativamente baixos. Outra grande vantagem desta técnica é a sua velocidade, tornando-a ideal em análises de rotina com grande número de amostras

O limite de detecção foi calculado a partir da seguinte relação:

$$y - y_b = 3,3s_b$$

Onde y_b é o valor da absorbância do branco e S_b é o desvio padrão dos vários valores do branco.

Para o cálculo dos valores y_b e s_b foram realizadas várias medidas do branco, cujos valores de absorbância encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Leituras de branco para cálculo do limite de detecção

Leituras do branco em unidades de absorção (ABS)
3
3
3
3
3
3
2
2
2
2
3
3
2
2
2
Média ± S_b 2,5 ± 0,5

De posse dos valores de branco passou-se para a medida dos padrões da curva analítica que foi utilizada para o cálculo do limite de detecção. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 8, a partir dos quais foi montada a curva analítica ilustrada na Figura 5.

Tabela 8. Pontos da curva analítica para o cálculo do limite de detecção.

Pontos da curva (ppb)	Leituras obtidas em unidades de absorção (ABS)
0,0	2,5
0,1	4
0,2	5
0,3	7
0,4	7
0,5	8,3
0,6	9,6
0,7	11,3
0,8	12,3
0,9	13
1,0	14,3

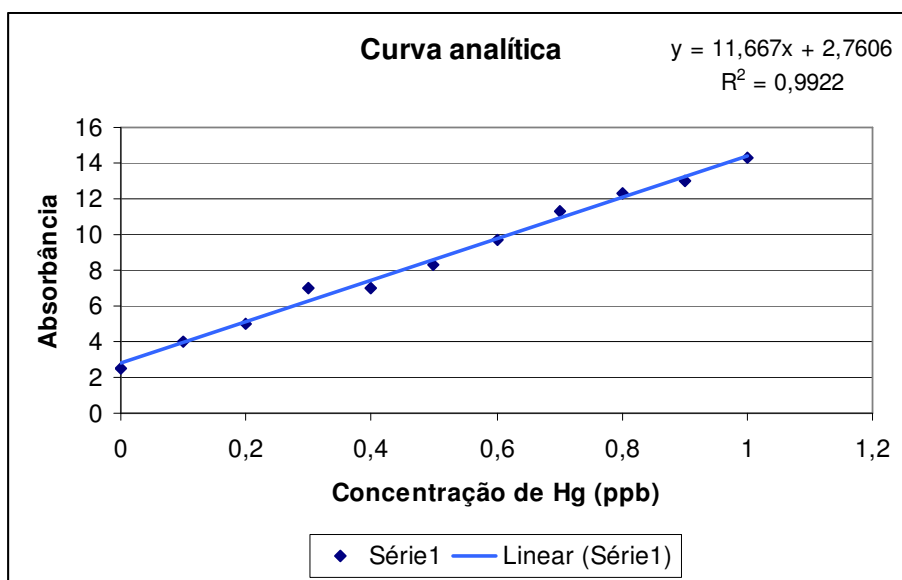


Figura 5 - Curva analítica para cálculo do limite de detecção.

$$y = Bx + A$$

$$y = 11,67x + 2,76$$

$$R = 0,996$$

Com a equação da reta - obtida a partir da regressão linear dos dados da Tabela 8 - no gráfico da Figura 5, e onde A é o valor 2,76 e B o valor 11,67 pôde-se calcular o limite de detecção utilizando as equações a seguir.

$$y - y_0 = 3,3 s_b$$

$$y = 3,3 s_b + y_b$$

$$y = 3,3(0,5) + 2,5$$

$$y = 4,15$$

Substituindo o valor de y encontrado na equação da reta obtida para a curva analítica.

$$y = A + Bx$$

$$x = (y - A) / B$$

$$x = (4,15 - 2,76) / 11,67$$

$$x = 0,12 \text{ ppb}$$

O limite de detecção encontrado foi 0.12 ppb.

Além do limite de detecção foi calculado o limite de quantificação obtido a partir da seguinte relação:

$$y - y_b = 10s_b$$

Calculando o valor de y :

$$y = 10(0,5) + 2,5$$

$$y = 7,5$$

Substituindo o valor de y na equação da reta:

$$y = A + Bx$$

$$x = (y - A) / B$$

$$x = (7,5 - 2,76) / 11,67$$

$$x = 0,41 \text{ ppb}$$

O limite de quantificação encontrado foi 0,41 ppb.

Os valores do limite de detecção (0,12 ppb) e do limite de quantificação (0,41 ppb) são valores baixos se for considerado que os valores para mercúrio total em peixes encontra-se acima desses valores.

5.3 – Processo de otimização de digestão

O programa da Fase II tendo H_2O_2 como oxidante forneceu o melhor resultado para a análise de músculo, pois não só apresentou média dentro do intervalo esperado como também menor desvio padrão e CV (coeficiente de variação), o que implica em precisão e exatidão melhores, e em uma maior

confiabilidade da análise. A Tabela 9 traz os resultados obtidos na análise do padrão 341 utilizado na otimização do método de análise.

Tabela 9. Resultados obtidos na análise do padrão 341

Oxidante	Programa da Fase I			Programa da Fase II		
	Média	s	CV(%)	Média	s	CV(%)
H ₂ O ₂	0,450	0,108	25,3	0,510	0,062	12,2
KMnO ₄	0,296	0,179	60,5	0,428	0,117	27,3

Aplicando o teste t para comparar a média obtida na análise do padrão e o valor certificado, foram obtidos os resultados contidos na Tabela 10, onde pode ser observado que tanto na Fase I quanto na Fase II os dois oxidantes mostraram que o t calculado é menor que o t_{95%} (crítico). Isso indica não existir diferença estatística entre os valores encontrados nas análises e os valores certificados do padrão. Contudo pode ser observado que o uso do peróxido de hidrogênio fornece menores valores de t (principalmente na Fase II), confirmando ser mais eficiente que o permanganato na oxidação da matéria orgânica.

Tabela 10. Resultados obtidos na análise do padrão 341

Fase	Oxidante	t _{calculado}	t _{crítico}
II	H ₂ O ₂	1,211	4,303
II	KMnO ₄	1,719	4,303
I	H ₂ O ₂	1,501	4,303
I	KMnO ₄	2,779	4,303

5.4 – Controle de Qualidade

O controle de qualidade das análises foi feito com o uso de padrões do Programa de Comparação Interlaboratorial (PCI) do qual o LQAA participa.

Os padrões foram utilizados durante o período das análises de peixes coletados. Periodicamente um dos padrões era colocado entre as outras amostras com o objetivo de se observar o funcionamento do método.

A Tabela 11 traz os padrões utilizados, bem como os resultados obtidos com suas análises e o valor certificado correspondente a cada padrão.

Tabela 11. Resultados de Hg total em peixe - Amostras do PCI

Código do Padrão	Valor encontrado (ppm)	Valor certificado (ppm)
340	0,300 ± 0,020	0,303 ± 0,049
345	0,286 ± 0,008	0,301 ± 0,044
354	0,174 ± 0,038	0,198 ± 0,032
368	0,736 ± 0,044	0,782 ± 0,094
370	0,263 ± 0,029	0,280 ± 0,033
371	0,337 ± 0,005	0,399 ± 0,047
373	0,698 ± 0,067	0,787 ± 0,141
375	0,246 ± 0,016	0,231 ± 0,046

Aplicando o teste t para comparar a média obtida para os padrões e os valores de referência para os padrões, foram obtidos os resultados contidos na Tabela 12, onde pode ser observado que para todos os padrões, o t calculado é menor que o $t_{95\%}$ (crítico). Assim, os valores encontrados nas análises e os valores certificados dos padrões são estatisticamente iguais, o que garante a confiabilidade do método de análise.

Tabela 12. Resultados do teste t: comparação das médias obtidas para os padrões e os valores de referência

Padrão	t calculado	t 95% crítico
333	1,225	3,182
340	1,027	3,182
345	2,317	4,303
368	2,332	4,303
370	1,018	4,303
371	1,479	3,182
373	3,305	4,303
375	0,673	4,303

5.5 – Análises dos peixes coletados

5.5.1 – Análise de músculos

Do total de amostras analisadas (n=233), 2,2% apresentaram concentração de mercúrio abaixo do limite de detecção (0,12 ppb), e nenhuma amostra apresentou concentração de mercúrio superior ao limite de tolerância (500 ppb) estabelecido pela legislação brasileira.

A Figura 6 ilustra a média de concentração de Hg em músculo de peixe para os diferentes níveis tróficos (n= 228). Assim como Barbosa³⁰ (2003) e Da Silva et al.³⁸ (2006), observou-se que a maior concentração ocorreu nas espécies de peixes piscívoros, pois representam peixes de topo da cadeia alimentar, e os demais níveis tróficos apresentaram valores muito próximo

entre si.

Aplicando o teste t para a comparação das médias obtidas, com nível de confiança igual a 95%, verifica-se que a concentração média de Hg em piscívoros difere estatisticamente da média de Hg em onívoros ($t_{\text{calculado}} = 11,192 > t_{\text{crítico}} = 1,977$). Já entre detritívoros e onívoros ($t_{\text{calculado}} = 0,781 < t_{\text{crítico}} = 2,036$), detritívoros e herbívoros ($t_{\text{calculado}} = 0,417 < t_{\text{crítico}} = 2,024$), e entre onívoros e herbívoros ($t_{\text{calculado}} = 1,648 < t_{\text{crítico}} = 1,993$) as concentrações média de mercúrio no músculo mostraram-se estatisticamente iguais.

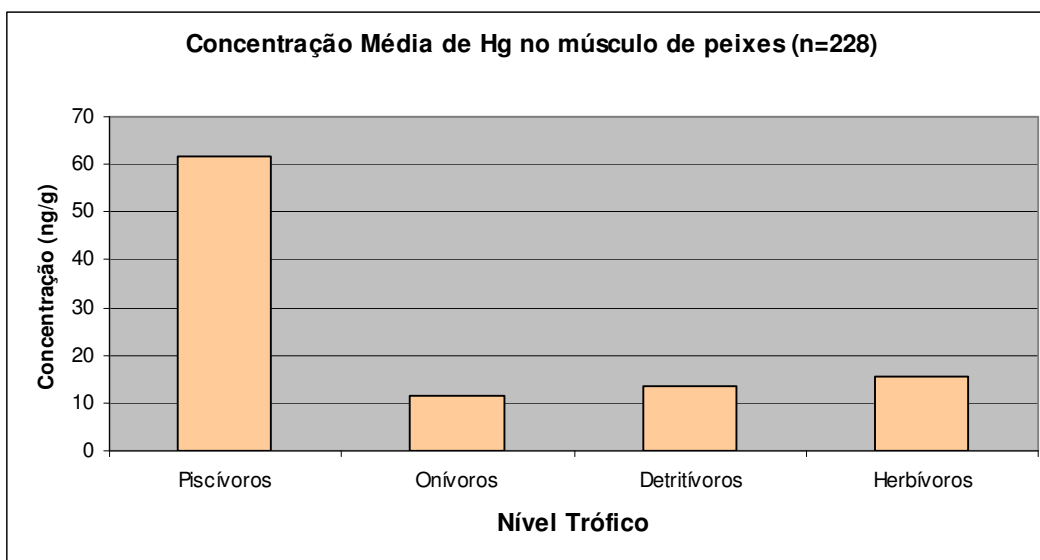


Figura 6 - Concentração média de Hg em músculo de peixes de acordo com o nível trófico

Em áreas consideradas controle – sem efeito direto de uma contaminação por Hg – os níveis nos peixes de diferentes hábitos alimentares não diferem muito e, geralmente são inferiores a 200 ng/g para peixes de água doce, ao contrário do ocorre com áreas impactadas onde a concentração de mercúrio nos peixes pode chegar até 20 $\mu\text{g/g}$ ³⁹.

Os resultados da concentração média de mercúrio (61,8 ng/g) encontrada para os piscívoros são comparáveis aos obtidos por Malm e Guimarães³⁹ (1997), em estudo realizado no rio Bento Gomes – MT, no qual o valor médio de mercúrio foi de 68 ng/g.

Fonseca³³ (2004) avaliou a concentração de mercúrio em espécies piscívoras (*Pygocentrus nattereri* e *Hoplias malabaricus*) e em espécie detritívora (*Prochilodus lineatus*) em cinco rios da região pantaneira (Miranda, Cuiabá, Negro, Vermelho e Paraguai) e obteve concentrações médias de Hg em *Pygocentrus nattereri* iguais a: 30 ng/g (Rio Miranda), 130 ng/g (Rio Negro)

e 40 ng/g (Rio Vermelho). Para *Prochilodus lineatus* a concentração média de mercúrio encontrada foi de 20 ng/g (Rio Cuiabá). Segundo o autor, os menores valores de mercúrio detectados nos peixes do Rio Miranda podem estar relacionados tanto ao pH (em torno de 7,0) quanto ao carbono orgânico dissolvido da água, o qual inibe a metilação do mercúrio por complexar-se a ele, tornando-o indisponível para a ação das bactérias metiladoras de mercúrio.

Segundo Malm & Guimarães³⁹ (1997), a baixa concentração de mercúrio em piscívoros da região pantaneira possa talvez ser explicada pela elevada produtividade de macrófitas (importante sítio de metilação do mercúrio), o que leva à diluição, no seio de uma grande biomassa, do metilmercúrio formado. Esta mesma produtividade leva ainda ao estabelecimento de condições redutoras que podem favorecer a permanência do mercúrio na forma de HgO, pouco solúvel e não disponível para a metilação.

Assim, as concentrações de mercúrio em músculo de peixes encontradas neste trabalho são comparáveis às obtidas em outros trabalhos feitos na região pantaneira, indicando serem estes os valores basais para a região.

A Figura 7 mostra a distribuição percentual como função da concentração de Hg em amostras de músculo de peixe piscívoros. Pode ser observado que a maior parte das amostras (58%) apresenta concentração de Hg menor 50 ppb (ng/g).

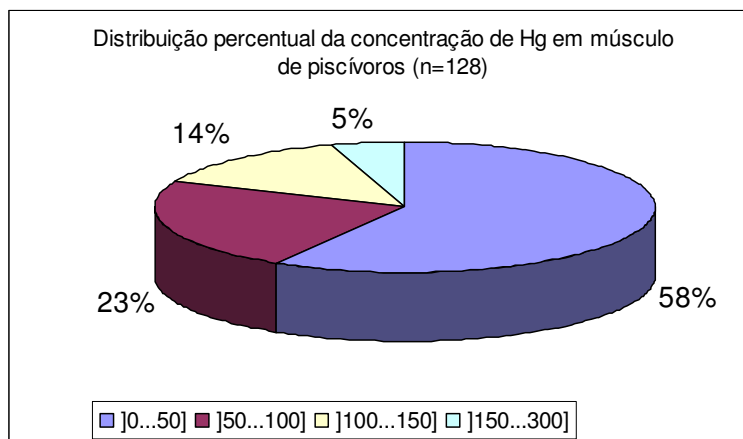


Figura 7 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em músculo de peixe – Piscívoros.

Nos peixes detritívoros 97% das amostras apresentaram concentração de Hg inferior a 50 ng/g, e nos peixes onívoros e herbívoros 100% das amostras apresentaram concentração de Hg em músculo inferior a esse valor.

5.5.2 – Análise de cérebros

A Figura 8 ilustra a média de concentração de Hg em cérebro de peixe para os diferentes níveis tróficos (n=100). Observou-se que as espécies de peixes piscívoros apresentaram teores ligeiramente mais elevados de mercúrio que as espécies dos demais níveis tróficos. Do total de amostras de cérebro de peixes analisadas (n=116), apenas 13,7% apresentaram concentração de mercúrio abaixo do limite de detecção (0,12 ng/g).

Aplicando o teste t para a comparação das médias obtidas, com nível de confiança igual a 95%, os seguintes resultados foram obtidos: entre piscívoros e onívoros ($t_{\text{calculado}} = 0,902 < t_{\text{crítico}} = 1,996$), detritívoros e onívoros ($t_{\text{calculado}} = 0,242 < t_{\text{crítico}} = 2,020$), detritívoros e herbívoros ($t_{\text{calculado}} = 0,372 < t_{\text{crítico}} = 2,086$), e entre piscívoros e herbívoros ($t_{\text{calculado}} = 0,881 < t_{\text{crítico}} = 2,004$), de forma que a concentração média de Hg em cérebro não difere estatisticamente entre os diferentes níveis tróficos.

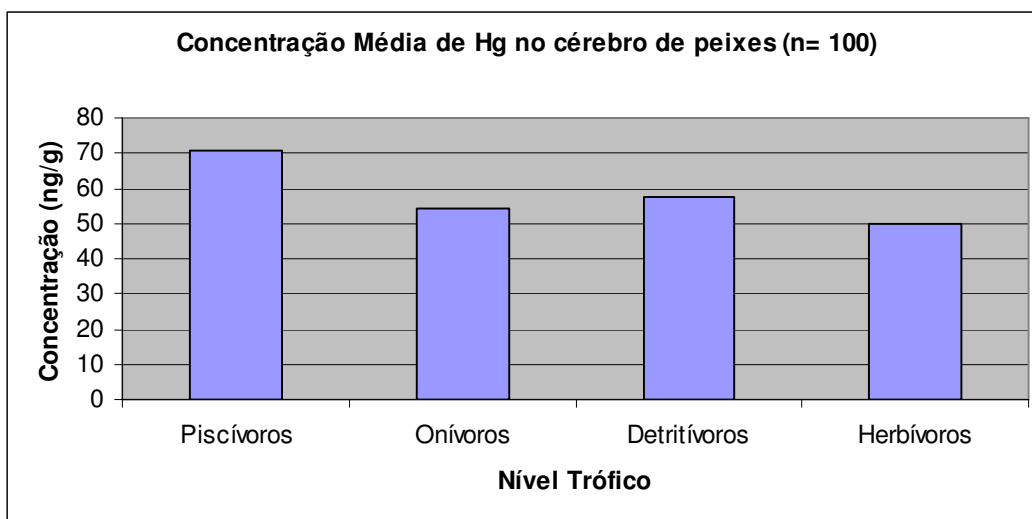


Figura 8 - Concentração média de Hg em cérebro de peixes de acordo com o nível trófico

Segundo Régine *et al.*³⁵ (2006), a concentração de mercúrio nos tecidos de peixes de diferentes hábitos alimentares, depende de fatores tais como, o mecanismo biológico das barreiras que controlam a adsorção e absorção de mercúrio, e ao contrário do observado neste trabalho, em seu estudo com outros tipos de tecidos (brânquias, fígado, rins, músculo, estômago e intestino), Régine *et al.*³⁵ (2006), encontraram diferença na concentração de mercúrio nos tecidos de acordo com o nível trófico, sendo inclusive observado o processo de biomagnificação.

A Figura 9 mostra a distribuição percentual como função da concentração de Hg em amostras de cérebro de peixe piscívoros. Pode ser observado que a maior parte das amostras (46%) apresenta concentração de Hg entre 50 e 100 ppb (ng/g).

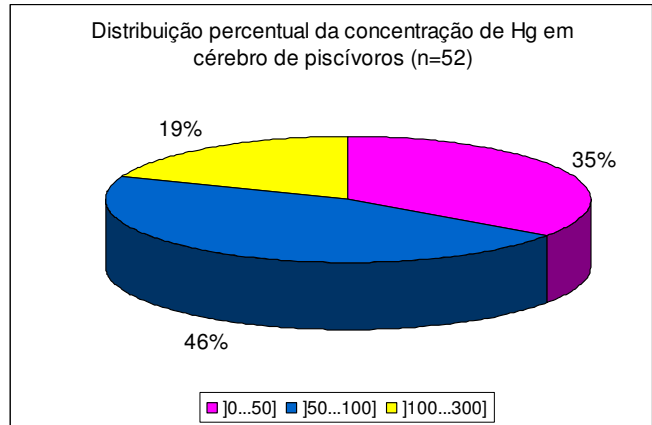


Figura 9 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em cérebro de peixe – Piscívoros

As Figuras 10 e 11 mostram a distribuição percentual como função da concentração de Hg em amostras de cérebro de peixe onívoros e detritívoros, respectivamente. Pode ser observado, que assim como para o músculo de piscívoros, a maior parte das amostras (53% - onívoros e 47% - detritívoros) apresenta concentração de Hg menor que 50 ng/g.

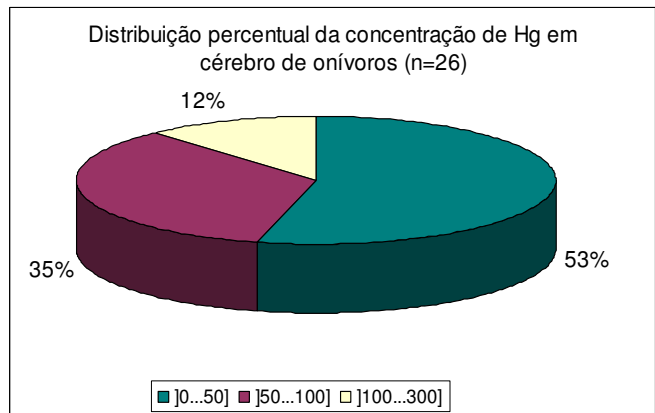


Figura 10 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em cérebro de peixe – Onívoros

Nos peixes herbívoros (n=5) a concentração de Hg no cérebro foi de $49,65 \pm 22,51$ ng/g.

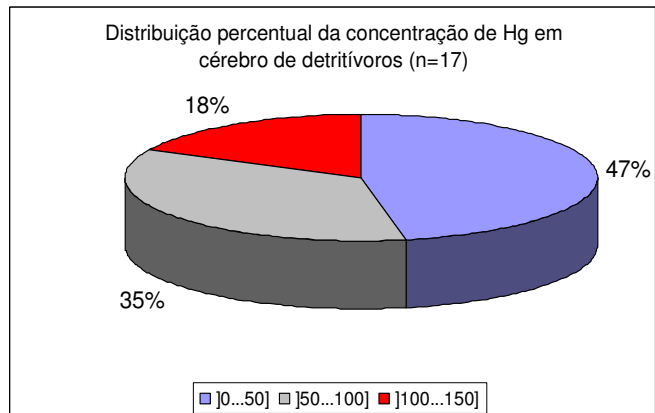


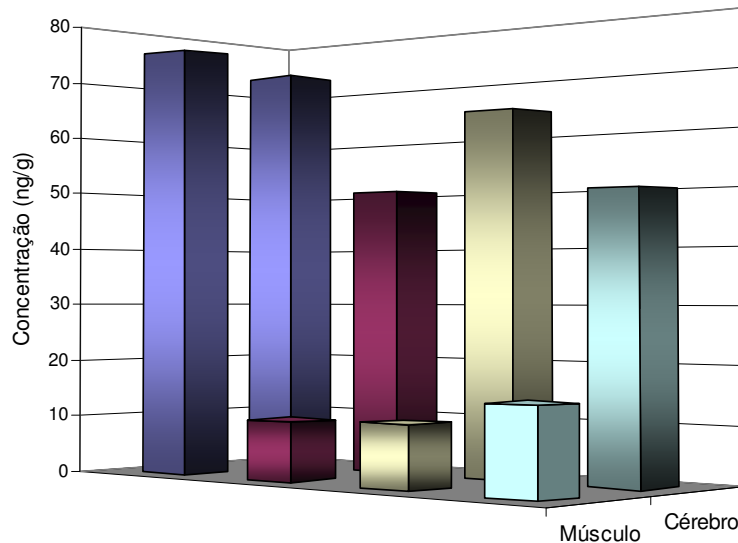
Figura 11 - Distribuição percentual como função da concentração de Hg em cérebro de peixe – Detritívoros

5.5.3 - Concentração de Mercúrio em músculo e cérebro

Pelos dados apresentados nas Figuras 6 e 8, observa-se que para todos os níveis tróficos, a concentração média de Hg em cérebro apresenta-se maior que músculo. Contudo, os gráficos foram gerados com um número diferente de amostras de forma que uma relação da concentração de mercúrio em músculo e cérebro dos mesmos espécimes não pode ser estabelecida. Tal comparação está ilustrada no gráfico da Figura 12.

Aplicando o teste t, com nível de confiança igual a 95%, para a comparação das concentrações médias de mercúrio nos dois tecidos (cérebro e músculo) de mesma espécie, obtêm-se os seguintes resultados: *Pygocentrus nattereri* ($t_{\text{calculado}} = 0,126 < t_{\text{crítico}} = 1,986$), *Piaractus mesopotamicus* ($t_{\text{calculado}} = 3,628 > t_{\text{crítico}} = 2,068$), *Prochilodus lineatus* ($t_{\text{calculado}} = 4,056 > t_{\text{crítico}} = 2,160$), e *Schizodon borelli* ($t_{\text{calculado}} = 3,121 > t_{\text{crítico}} = 2,306$), de forma que a concentração média de Hg no cérebro é igual estatisticamente à concentração média de Hg no músculo somente para a espécie *Pygocentrus nattereri*.

Concentração de Hg em Cérebro x Concentração de Hg em Músculo (n=89)



■ *P. nattereri* (P) ■ *P. mesopotamicus* (O) ■ *P. lineatus* (D) ■ *S. borelli* (H)

Figura 12 - Concentração de Hg em Cérebro x Músculo (n= 89)

Além disso, para onívoros, detritívoros e herbívoros, a concentração de Hg no cérebro apresentou-se maior que no músculo, o que vai de encontro aos

resultados até o momento descritos na literatura por Haynes³⁷ (2006) e Cizdziel³⁴ (2002).

Calculando-se a razão (concentração de Hg no cérebro)/(concentração de Hg no músculo) são encontrados os seguintes resultados: *Pygocentrus nattereri* (0,96); *Piaractus mesopotamicus* (4,87); *Prochilodus lineatus* (5,86) e *Schizodon borelli* (3,34). Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Régine *et al.*³⁵ (2006), que obtiveram uma razão elevada (>2) para espécies herbívoras e detritívoras, e uma razão baixa (<1) para piscívoros, diferindo somente para espécies onívoras que também apresentaram razão <1.

5.5.4 – Correlações entre as concentrações de mercúrio nos tecidos e os dados biométricos.

Com os dados das amostras, (comprimento total, comprimento padrão e peso) foram feitos cálculos com o objetivo de se averiguar a existência de correlações dessas variáveis com as concentrações de mercúrio encontradas no cérebro. Como o comprimento total e o comprimento padrão apresentam forte correlação positiva ($r= 0,99541$ e $p<0.0001$), somente o comprimento padrão foi utilizado nos cálculos de correlação. A equação da reta obtida foi: $Y=0,90978x + -11,41232$

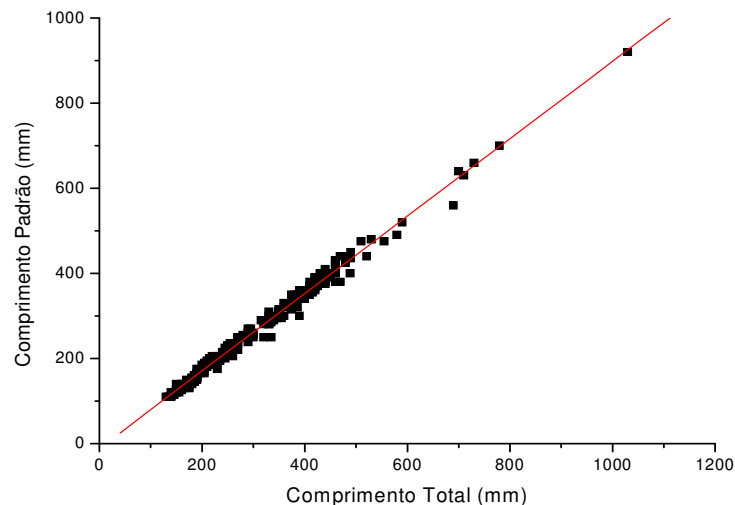


Figura 13 – Correlação Comprimento Total x Comprimento Padrão

5.5.4.1 – Correlações entre a Concentração de mercúrio no músculo e os dados biométricos: Comprimento Padrão e Peso

As representações gráficas das correlações entre as concentrações de mercúrio em músculo e os dados biométricos estão ilustradas na Figura 14 e 15. O primeiro gráfico apresenta uma correlação CP x Concentração de mercúrio para todas as espécies analisadas, entretanto, elas apresentam não só faixas de CP bastante diferentes como também intervalos de concentração de mercúrio, sendo necessária uma estratificação. Para isso, foram tomadas as espécies-chaves de cada um dos níveis tróficos. Com isso, um novo comportamento é observado, e baixas correlações lineares positivas foram obtidas para todas as espécies-chaves, sendo que a espécie onívora *Piaractus mesopotamicus* apresentou $r=0,461$ e $p=0,003$. A espécie piscívora *Pygocentrus nattereri* ($r=0,034$ e $p=0,740$) não mostrou resultado semelhante ao obtido por Da Silva et al (2006) que encontraram $r=0,479$ e $p=0,015$ para a correlação entre o comprimento total e a concentração de mercúrio. Já a espécie detritívora, *Prochilodus lineatus* apresentou uma correlação polinomial de grau 3 com valores de $r=0,423$ e $p=0,008$ próximos aos valores obtidos para a correlação linear ($r=0,378$ e $p=0,062$), sendo comparáveis aos observados por Fonseca³³ (2004) que obteve $r=0,469$ e $p=0,168$ para a correlação linear entre o comprimento padrão e a concentração de mercúrio na espécie em questão.

Os gráficos de correlação Peso x Concentração de mercúrio no músculo estão ilustrados na Figura 15 e apresentaram comportamento semelhante aos das correlações usando o dado biométrico CP. Destaca-se a espécie-chave *Piaractus mesopotamicus*, onívora, com $r=0,478$ e $p=0,0002$, comparando-se aos dados obtidos por Dórea et al.²⁹ (2004) que encontraram $r=0,444$ e $p<0,0001$ para a espécie *Serrasalmus rombeus*, piscívora. As demais espécies *Pygocentrus nattereri* e *Prochilodus lineatus*, apresentaram respectivamente ($r=0,087$; $p=0,391$) e ($r=0,289$; $p=0,161$).

Gráfico 1 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no músculo (n=224)

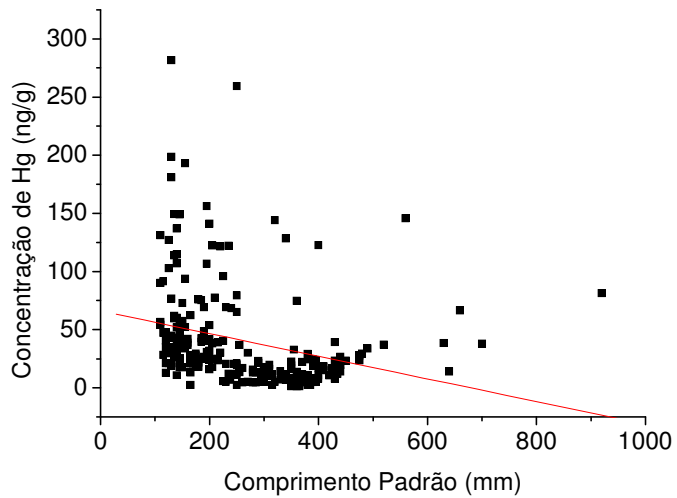


Gráfico 2 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no músculo de *P. nattereri* (n=100)

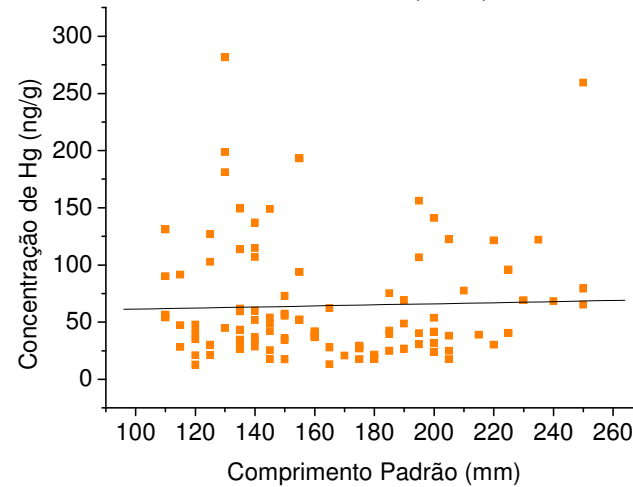


Gráfico 3 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no músculo de *P. mesopotamicus* (n=56)

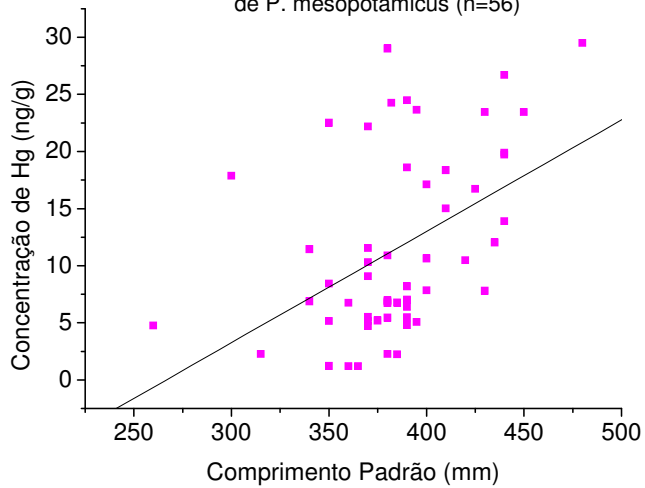


Gráfico 4 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no músculo de *P. lineatus* (n=25)

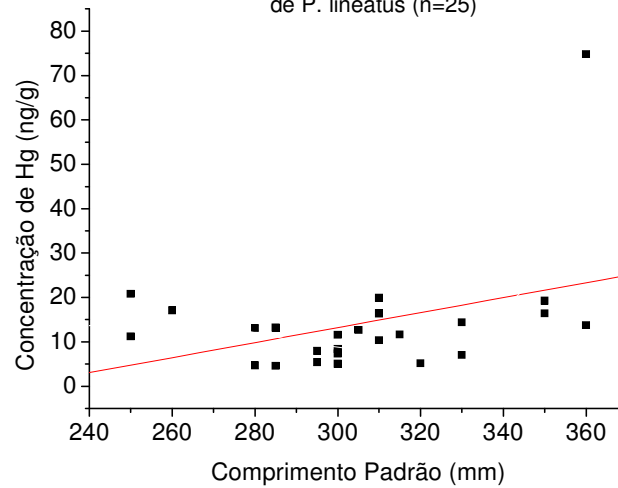


Figura 14 – Correlação Comprimento Padrão x Concentração de mercúrio no músculo

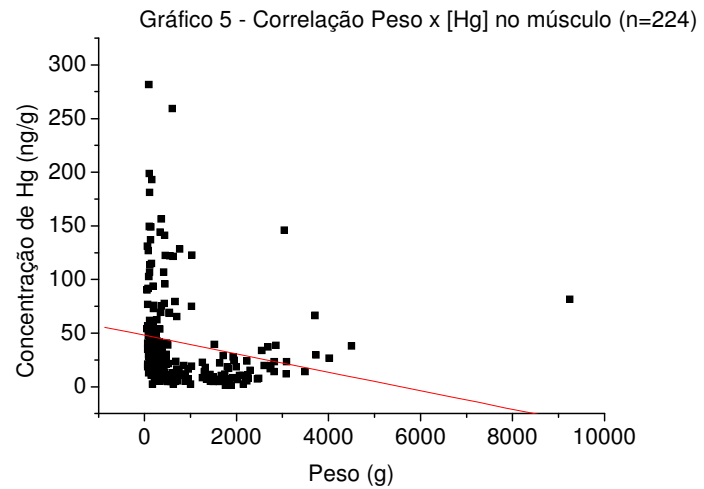


Gráfico 6 - Correlação Peso x [Hg] no músculo de *P. nattereri* (n=100)

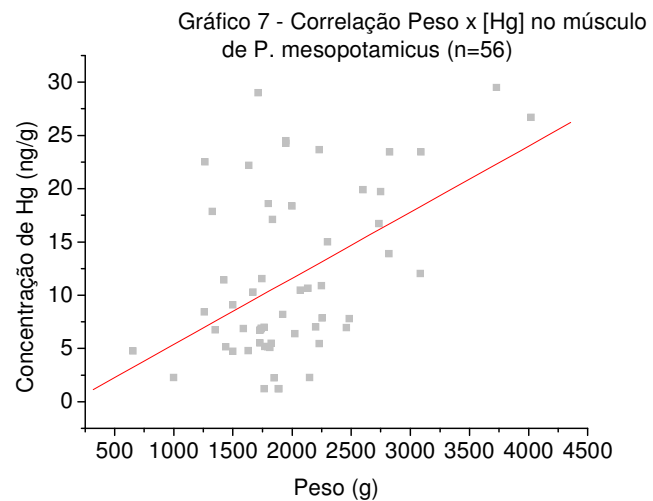
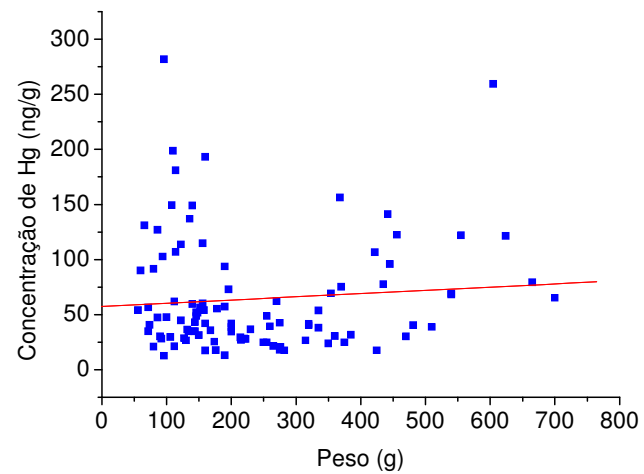


Gráfico 8 - Correlação Peso x [Hg] no músculo de *P. lineatus* (n=25)

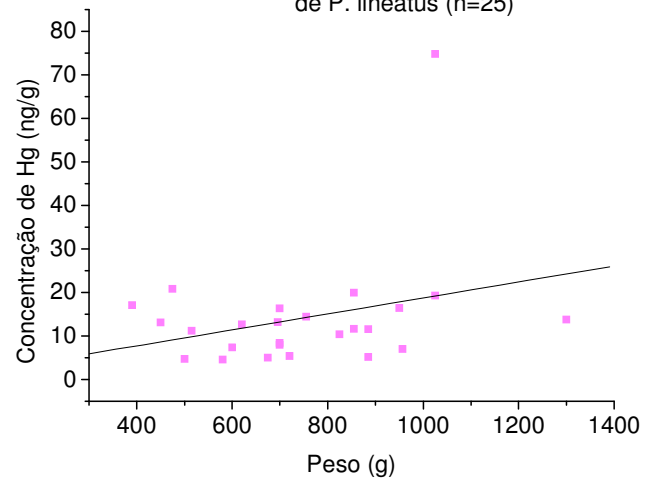


Figura 15 – Correlação Peso x Concentração de mercúrio no músculo

5.5.4.2 – Correlações entre a Concentração de mercúrio no cérebro e os dados biométricos: Comprimento Padrão e Peso

A correlação comprimento padrão x concentração de mercúrio no cérebro considerando todos os peixes analisados, está ilustrada no gráfico 16 da Figura 17. Realizando-se a correlação para as espécies-chaves, observa-se correlação praticamente ausente para *Pygocentrus nattereri* ($r=0,0002$ e $p=0,998$). Além disso, não mais a espécie onívora *Piaractus mesopotamicus* ($r=0,051$ e $p=0,780$) destaca-se pelo valor de r , mas sim a espécie detritívora *Prochilodus lineatus* ($r=-0,421$ e $p=0,0926$), embora ele seja negativo, indicando que para essa espécie, à medida que a comprimento padrão aumenta a concentração de mercúrio no cérebro diminui, entretanto, um maior número de espécimes deve ser analisado para a confirmação desse fato.

A correlação peso x concentração de mercúrio no cérebro é mostrada nos gráficos da Figura 17 e assemelha-se a correlação utilizando CP como dado biométrico, novamente com baixos valores quando todas as espécies são consideradas, e também para as espécies *Pygocentrus nattereri* ($r=-0,063$ e $p=0,677$) e *Piaractus mesopotamicus* ($r=-0,046$ e $p=0,831$), mostrando-se um pouco maior, mesmo que negativamente, para *Prochilodus lineatus* ($r=-0,305$ e $p=0,235$).

Na literatura pesquisada, não foram encontrados estudos que apresentem correlação entre a concentração de mercúrio em peixes e dados biométricos em tecidos diferentes do músculo, de modo que não foi possível realizar uma análise comparativa para tal assunto.

Gráfico 9- Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no cérebro (n=98)

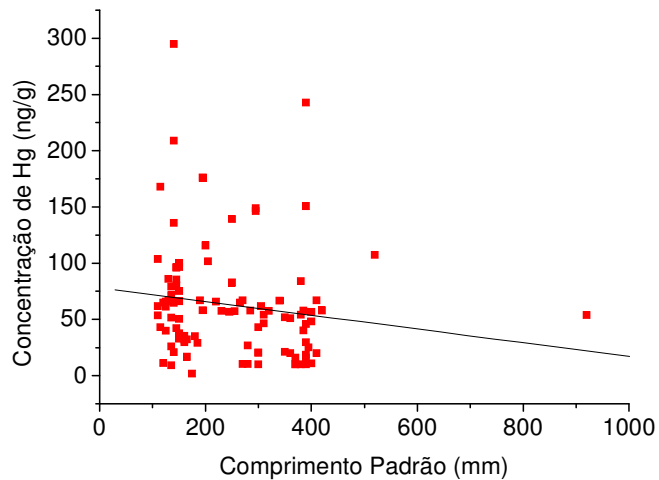


Gráfico 10 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no músculo de *P. nattereri* (n=47)

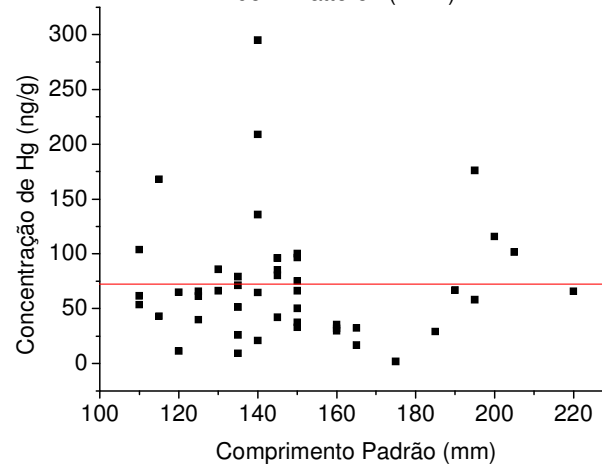


Gráfico 11 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no cérebro de *P. mesopotamicus* (n=24)

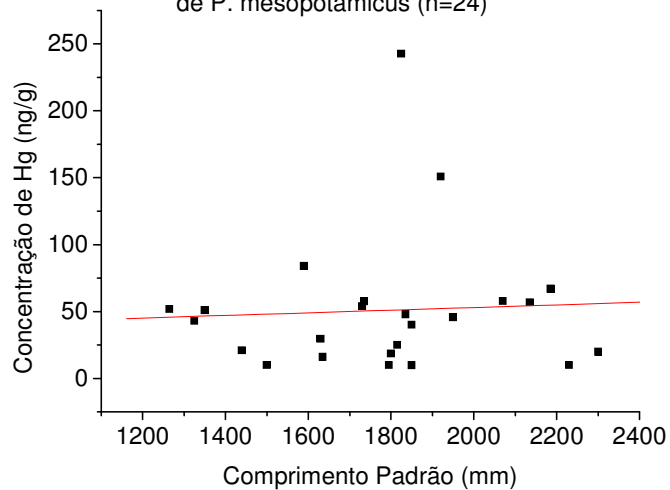


Gráfico 12 - Correlação Comprimento Padrão x [Hg] no cérebro de *P. lineatus* (n=17)

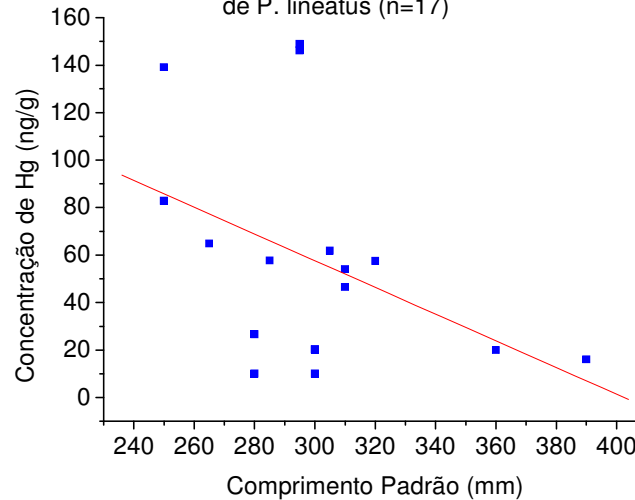


Figura 16 – Correlação Comprimento Padrão x Concentração de mercúrio no cérebro

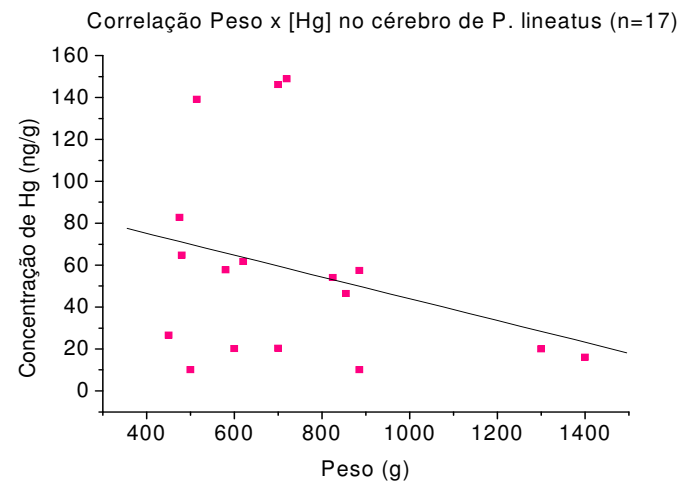
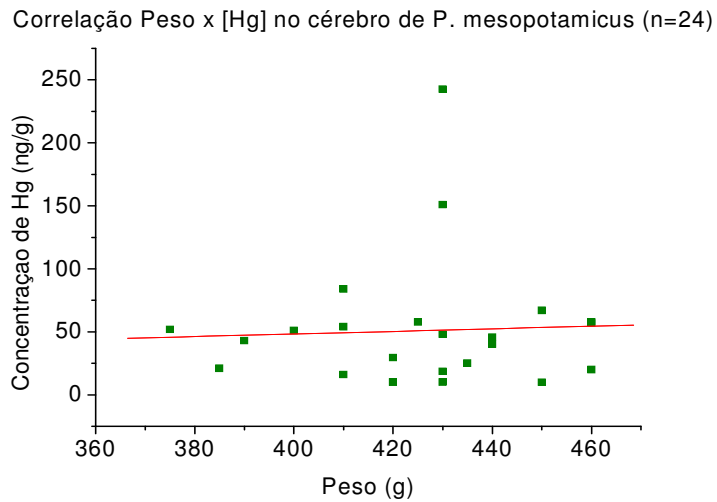
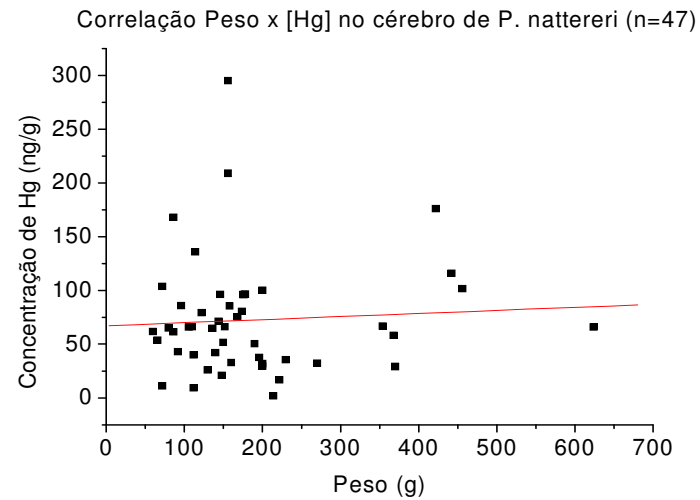
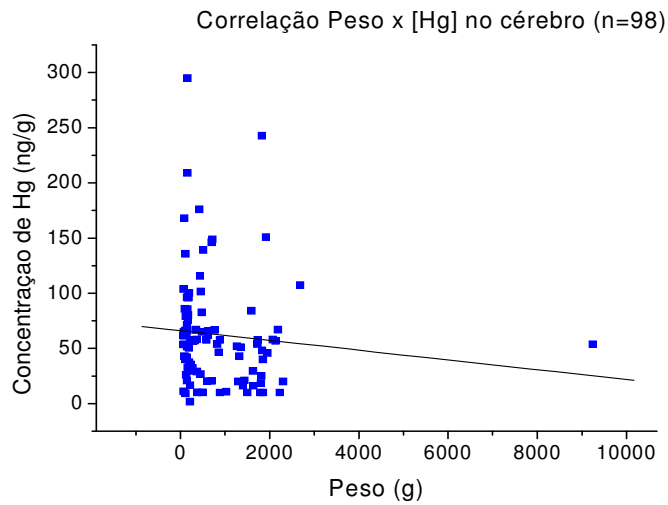


Figura 17 – Correlação Peso x Concentração de mercúrio no cérebro

5.5.4.3 – Correlações entre a Concentração de mercúrio no cérebro e os a Concentração de mercúrio no músculo

Os gráficos de correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo ilustrados nas Figuras 18, 19 e 20 para as espécies-chaves *Pygocentrus nattereri* ($r=0,181$ e $p=0,222$), *Piaractus mesopotamicus* ($r=-0,113$ e $p=0,607$) e *Prochilodus lineatus* ($r=-0,176$ e $p=0,546$) revelaram não haver significativa correlação da concentração de mercúrio entre esses doía tecidos , reforçando o trabalho de Régine *et al.*³⁵ (2006) no que se refere a dependência de fatores diversos sobre a distribuição de mercúrio nos órgãos dos peixes.

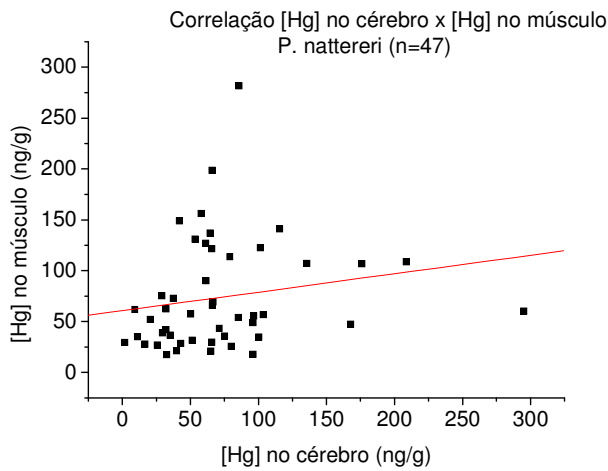


Figura 18 – Correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo de *Pygocentrus nattereri*

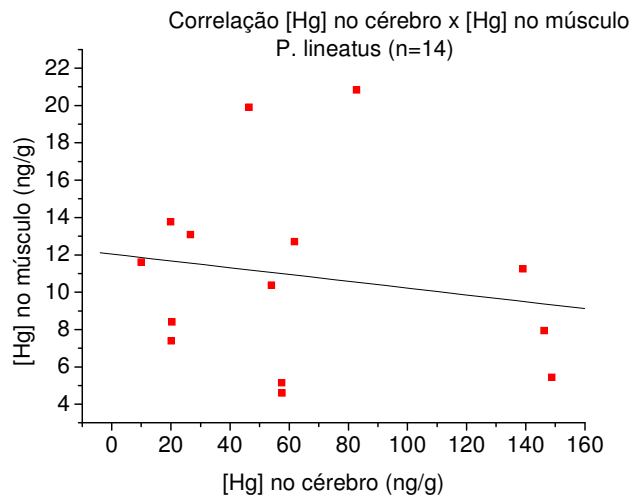


Figura 19 – Correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo de *Prochilodus lineatus*

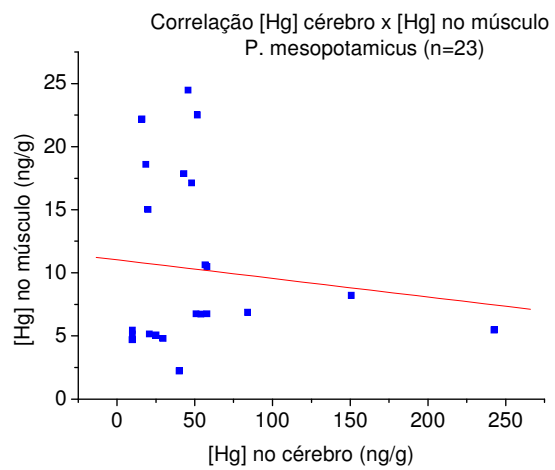


Figura 20 – Correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo de *Piaractus mesopotamicus*

6. Conclusões

A metodologia utilizada na determinação de mercúrio apresentou valores do limite de detecção (0,12 ppb) e do limite de quantificação (0,41 ppb). Estes valores são adequados se for considerado que os valores para mercúrio total em peixes encontram-se acima desses valores. O controle de qualidade das análises foi feito com o uso de padrões do Programa de Comparação Interlaboratorial (PCI) do qual o LQAA participa.

Foram coletadas 233 amostras de peixes de 19 espécies pertencentes a quatro diferentes níveis tróficos: piscívoros, onívoros, detritívoros e herbívoros.

Do total de amostras analisadas (n=233), 2,2% apresentaram concentração de mercúrio abaixo do limite de detecção (0,12 ppb), e nenhuma amostra apresentou concentração de mercúrio superior ao limite 500 ppb, considerado adequado para consumo humano de acordo com a organização mundial de saúde.

As concentrações de mercúrio em músculo de peixes encontradas neste trabalho são comparáveis às apresentadas na literatura para trabalhos feitos na região pantaneira, indicando serem estes os valores basais para a região.

Do total de amostras de cérebro de peixes analisadas (n=116), apenas 13,7% apresentaram concentração de mercúrio abaixo do limite de detecção (0,12 ng/g). Pode ser observado que a maior parte das amostras (46%) apresenta concentração de Hg entre 50 e 100 ppb (ng/g).

Calculando-se a razão (concentração de Hg no cérebro)/(concentração de Hg no músculo) para a amostragem deste trabalho, são encontrados os seguintes resultados: *Pygocentrus nattereri* (0,96); *Piaractus mesopotamicus* (4,87); *Prochilodus lineatus* (5,86) e *Schizodon borelli* (3,34). Tais resultados são semelhantes aos encontrados na literatura (Régine et al (2006)), que obtiveram uma razão elevada (>2) para espécies herbívoras e detritívoras, e uma razão baixa (<1) para piscívoros, diferindo somente para espécies onívoras que também apresentaram razão <1.

As correlações entre as concentrações de mercúrio em músculo e os dados biométricos apresentam faixas de CP intervalos de concentração de mercúrio bastante diferentes, sendo necessária uma estratificação. Para isso, foram tomadas as espécies-chaves de cada um dos níveis tróficos. Com isso, um novo comportamento é observado, e baixas correlações lineares positivas

foram obtidas para todas as espécies-chaves, sendo que a espécie onívora *Piaractus mesopotamicus* apresentou $r=0,461$ e $p=0,003$. A espécie piscívora *Pygocentrus nattereri* ($r=0,034$ e $p=0,740$) não mostrou resultado semelhante ao obtido por Da Silva et al (2006) que encontraram $r=0,479$ e $p=0,015$ para a correlação entre o comprimento total e a concentração de mercúrio.

Os resultados de correlação Peso x Concentração de mercúrio no músculo apresentaram comportamento semelhante aos das correlações usando o dado biométrico CP. Destaca-se a espécie-chave *Piaractus mesopotamicus*, onívora, com $r=0,478$ e $p=0,0002$, comparável aos dados obtidos por Dórea et al (2004b) que encontraram $r=0,444$ e $p<0,0001$ para a espécie *Serrasalmus rombeus*, piscívora. As demais espécies *Pygocentrus nattereri* e *Prochilodus lineatus*, apresentaram respectivamente ($r=0,087$; $p=0,391$) e ($r=0,289$; $p=0,161$).

Realizando-se a correlação para as espécies-chaves, observa-se correlação praticamente ausente para *Pygocentrus nattereri* ($r=0,0002$ e $p=0,998$). Além disso, não mais a espécie onívora *Piaractus mesopotamicus* ($r=0,051$ e $p=0,780$) destaca-se pelo valor de r , mas sim a espécie detritívora *Prochilodus lineatus* ($r=-0,421$ e $p=0,0926$), embora ele seja negativo, indicando que para essa espécie, à medida que a comprimento padrão aumenta a concentração de mercúrio no cérebro diminui, entretanto, um maior número de espécimes deve ser analisado para a confirmação desse fato.

Os resultados para a correlação peso x concentração de mercúrio no cérebro assemelha-se a correlação utilizando CP como dado biométrico, novamente com baixos valores quando todas as espécies são consideradas, e também para as espécies *Pygocentrus nattereri* ($r=-0,063$ e $p=0,677$) e *Piaractus mesopotamicus* ($r=-0,046$ e $p=0,831$), mostrando-se um pouco maior, mesmo que negativamente, para *Prochilodus lineatus* ($r=-0,305$ e $p=0,235$).

Os resultados para a correlação [Hg] no cérebro x [Hg] no músculo para as espécies-chaves *Pygocentrus nattereri* ($r=0,181$ e $p=0,222$), *Piaractus mesopotamicus* ($r=-0,113$ e $p=0,607$) e *Prochilodus lineatus* ($r=-0,176$ e $p=0,546$) revelaram não haver significativa correlação da concentração de mercúrio entre esses dois tecidos, este resultado também é discutido no trabalho de Régine et al (2006) no que se refere a dependência de fatores diversos sobre a distribuição de mercúrio nos órgãos dos peixes.

7. Referências Bibliográficas

1. Pereira, E. F.; *Dissertação de mestrado*, Universidade de Brasília, Brasil, 2005.
2. Micaroni, R. C. C. M.; Bueno M. I. M. S.; Jardim, W. F.; *Quim. Nova* **2000**, 23, 487.
3. Baptista, J. A.; *Tese de doutorado*, Universidade de Brasília, Brasil, 2005.
4. Miretzky, P.; Bisinoti, M. C.; Jardim, W. F.; Rocha, J. C.; *Quim. Nova* **2005**, 28, 438.
5. Bisinoti, M. C.; Jardim, W. F.; *Quim. Nova* **2004**, 27, 593.
6. ANA/GEF/PNUMA/OEA (Agência Nacional de Águas/Fundo Mundial para o Meio Ambiente/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente/Organização dos Estados Americanos); *Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e da Bacia do Alto Paraguai/MT - Relatório Final*, Brasília, **2004**, p. 316.
7. Azevedo, A. F.; *Toxicologia do Mercúrio*, 1ª ed., São Carlos, Brasil, 2003.
8. Lacerda, D. L.; Santos, A. F.; Marins, R. V.; *Quim. Nova* **2007**, 30, 366;
9. Fiorentino, J.C.; Fostier, A. H.; *Resumo da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2005.
10. Fostier, A. H.; Michelazzo, P. A. M.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2006**, 5, 886.
11. Silva-Filho, E. V.; Machado, W.; Oliveira, R. R.; Sella, S. M.; Lacerda, L. D.; *Chemosphere* **2006**, 26, 2477.
12. De Oliveira, L. C.; Serudo, R. L.; Botero, W. G.; Mendonça, A. G. R.; Santos, A.; Rocha, J. C.; Neto, F. S. C.; *Quim. Nova* **2007**, 30, 274.
13. Oliveira, M. L. J.; Vidal-Torrado, P.; Otero, X. L.; Ferreira, J. R.; *Quim. Nova* **2007**, 30, 519.
14. CETEM/MCT (Centro de tecnologia Mineral/Ministério da Ciência e Tecnologia); *Distribuição de Mercúrio em Solos e Sedimentos Lacustres na Região de Alta Floresta - MT*, Rio de Janeiro, **1999**, p. 23.
15. Michelazzo, P. A. M.; Fostier, A. H.; *Resumo da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2005.
16. Godoy, J. M.; Padovani, C. R.; Guimarães, J. R. D.; Pereira, J. C. A.; Vieira, L. M.; Carvalho, L. Z.; Galdino, S.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2002**, 13, 71.
17. Leady, B. S.; Gottgens, J. F.; *Wetlands Ecology and Management* **2001**, 9, 349.
18. Paraquetti, H. H. M.; Ayres, G. A.; Almeida, M. D.; Molisani, M. M.; Lacerda, L. D.; *Water Research* **2004**, 38, 1439.
19. Conceição, G.; Silva, M. R.; *Resumo da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2005.
20. Ramos, W.E.S.; Bellato, C. R.; Costa, E. D.; Fontes, M.P. F.; Rabelo, M. D.; Ruy, R. B.; *Resumo da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2005.
21. Mirlean, N.; Larned, S. T.; Nikora, V.; Kütter, V. T.; *Chemosphere* **2005**, 60, 226.
22. ANA/GEF (Agência Nacional de Águas/Fundo Mundial para o Meio Ambiente); *Distribuição e Transporte de Mercúrio na Bacia do Alto Paraguai - Relatório Final*, Cuiabá, **2003**, p. 36.

23. Bisinoti, M. C.; Jardim, W. F.; *Resumo da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2005.
24. Kainz, M.; Telmer, K.; Mazumder, A.; *Science of the Total Environment* **2006**, 368, 271.
25. Alciati, J.C.; Zen, M.C.; Fadini, P. S.; Guimarães, J. R.; *Resumo da 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 2005.
26. Hylander, L. D.; Gröhn, J.; Tropp, M.; Vikström, A.; Wolpher, H.; Silva, E. C.; Meili, M.; Oliveira, L.J.; *Journal of Environmental Management* **2006**, 81, 155.
27. Kehrig, H. A.; Malm, O.; Akagi, H.; Guimarães, J. R. D.; Torres, J. P. M.; *Environment Research* **1998**, 77, 84.
28. Barros, G. C.; Mendes, E. S.; Santos, F. L.; *Revista CFMV* **2002**, Ano VIII, 44.
29. Dórea, J. G.; Barbosa, A. C.; Souza, J.; Fadini, P.; Jardim, W. F.; *Ecotoxicology and Environment Safety* **2004**, 59,57.
30. Barbosa, A. C.; Souza, J.; Dórea, J. G.; Jardim, W. F.; Fadini, P. S.; *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2003**, 45, 235.
31. Farias, R. A.; Hacon, S.; Campos, R. C.; Argento, R.; *Science of the Total Environment* **2005**, 348, 128.
32. Vieira, M. L.; Alho, C. J. R.; *III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal - Os Desafios do Novo Milênio*, Corumbá, Brasil, 2000.
33. Fonseca, F. R.; *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal do Amazonas, Brasil, 2004.
34. Cizdziel, J. V.; Hinners, T. A.; Heithmar, E. M.; *Water, Air, and Soil Pollution* **2002**, 135, 355.
35. Régine, M.-B.; Gilles, D.; Yannick, D.; Alain, B.; *Science of the Total Environment* **2006**, 368, 262.
36. Rouleau, C.; Borg-Neczak, K.; Gottofrey, J.; Tjälve, H.; *Environ. Sci. Technol.* **1999**, 33, 3384.
37. Haynes, S.; Gragg, R. D.; Johnson, E.; Robinson, L.; Orazio, E. C.; *Water, Air, and Soil Pollution* **2006**, 172, 359.
38. Da Silva, D. S.; Lucotte, M.; Roulet, M.; Poirier, H.; Mergler, D.; Crossa, M.; *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, **2006**, 1, n.1, Art 6.
39. Malm, O.; Guimarães, J. R ;OPS, **1997**. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/E/fulltext/etext06/camcap04.html>.
40. ANA/GEF (Agência Nacional de Águas/Fundo Mundial para o Meio Ambiente); *Distribuição e Transporte de Agroquímicos e Metais Pesados na Bacia do Alto Paraguai/MS - Relatório Final*, Campo Grande, **2003**, p. 90.
41. Aschner, M.; *Environmental Toxicology and Pharmacology* **2002**, 12, 101.
42. Barbosa, A. C.; Dórea, J. G.; *Environmental Toxicology and Pharmacology* **1998**, 6, 71.
43. Barbosa, A. C.; Jardim, W. F.; Dórea, J. G.; Fosberg, B.; Souza, J. R.; *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2001**, 40, 439.
44. Barbosa, A. C.; Silva, S. R. L.; Dórea, J. G.; *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **1998**, 34, 100.

45. Bastos, R. W.; Gomes, J. P. O.; Oliveira, R. C.; Almeida, R.; Nascimento, E. L.; Bernardi, J. V. E.; Lacerda, L. D.; Silveira, E. G.; Pfeiffer, W. C.; *Science of the Total Environment* **2006**, 368, 344.
46. Belger, L.; Fosberg, B. R.; *Science of the Total Environment* **2006**, 367, 451.
47. Beringhs-Bueno, L. A.; *Dissertação de mestrado*, Faculdade de Ciências da Saúde de São Paulo/Centro de Ensino Superior de Homeopatia IBEHE, Brasil, 2005.
48. Boischio, A. A. P.; Cernichiari, E.; *Environment Research* **1998**, 77, 79.
49. Campos, C. F. M.; *Tese de doutorado*, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 2006.
50. Cardoso, P. C. S.; Lima, P. L.; Bahia, M. O.; Amorim, M. I. M.; Burbano, R. R.; Farias, R. A. F.; *Efeitos Biológicos do Mercúrio e seus Derivados em Seres Humanos - Uma Revisão Bibliográfica*, Universidade Federal do Pará, Brasil, **2002**.
51. Dórea, J. G.; Barbosa, A. C.; *Environment Research* **2004**, 96, 102.
52. Evans, M. S.; Muir, D.; Lockhart, W. L.; Stern, G.; Ryan, M.; Roach, P.; *Science of the Total Environment* **2005**, 351-352, 94
53. Ferreira, L. K. S. G.; Resende, E. K.; Marques, D. K. S.; *IV SIMPAN - Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal*, Corumbá, Brasil, 2004.
54. Galdino, S.; Vieira, L. M.; Oliveira, H.; Cardoso, E. L.; *Impactos da Agropecuária nos Planaltos sobre o Regime Hidrológico do Pantanal*, EMBRAPA(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), Brasil, 2002.
55. Global Mercury Assessment; *Impacts of Mercury on the Environment*, Canadá, **2002**.
56. Grandjean, P.; Weihe, P.; *Environment Research* **1998**, 77, 67.
57. Guimarães, J. R.; Malm, O; OPS; **1997**. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/E/fulltext/etext06/camcap04.html>
58. Harris, M. B.; Tomas, W.; Mourão, G.; Silva, C. J.; Guimarães, E.; Sonoda, F.; Fachim, E.; *Conserv. Biol.*, **2005**, 19, 714.
59. Junk, J. W.; Cunha, C. N.; *Ecological Engineering* **2005**, 24, 391.
60. Malm, O.; *Environment Research* **1998**, 77,73.
61. Marins, R. V.; Filho, F. J. P.; Maia, S. R. R.; Lacerda, L. D.; Marques, W. S.; *Quim. Nova* **2004**, 5, 763.
62. Marins, R. V.; *Quim. Nova* **2002**, 25, 372.
63. Monserrat, J. M.; Rebelo, M. F.; *Quim. Nova* **2003**, 26, 417.
64. Newland, M. C.; Reed, M. N.; LeBlanc, A.; Donlin, W. D.; *NeuroToxicology* **2006**, 27, 710.
65. Pullela, S. V. S.; *Master of Science*, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, United States, 1997.
66. Renzoni, A.; Zino, F.; Franchi, E.; *Environment Research* 1998, 77, 68.
67. Resende, E. K.; *Rev. Brasil. Biol.* **2000**, 60, 389.
68. Ribani, M.; Bottoli, C. B. G.; Collins, C. H.; Jardim, I. C. S. F.; Melo, L. F. C.; *Quim. Nova* **2004**, 5, 771.
69. Silva, P.A.; Câmara, V.; Nascimento, O. C.; Oliveira, L. J.; Silva, E. C.; Pivetta; F.; Barrocas, P. R. G; OPS; **1997**. Disponível em <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/E/fulltext/etext06/camcap04.html>
70. Soares, A. F.; Silva, J. S. V.; Ferrari, D. L.; *1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, Campo Grande, Brasil, 2006.
71. Suárez, Y. R.; Júnior, M. P.; Catella, A.C.; *Fisheries Management and Ecology* **2004**, 11, 45.

72. Wantzen, K. M.; Machado, F. A.; Voss, M.; Boriss, H.; Junk, W. J.; *Aquat. Sci.* **2002**, 64, 239.
73. Zahir, F.; Rizwi, S. J.; Haq, S. K.; Khan, R. H.; *Environmental Toxicology and Pharmacology* **2005**, 20, 351.

Apêndice I

Tabela 13. Resultados de Hg em músculo de peixes e dados biométricos

Amostra	Músculo						
	[Hg] Média	s	C.V.	CT(mm)	CP (mm)	Peso (g)	N.Trófico
0001/JÁ/01/03-1/I	27,61	4,70	17,03%	510	475	1925	P
0002/PT/01/03-2/I	38,48	8,04	20,91%	710	630	2860	P
0003/JU/01/03-1/F	32,71	9,98	30,50%	415	355	380	P
0004/CV/01/03-1/	15,67	1,02	6,54%	330	280	410	P
0005/JÁ/01/03-1/	39,32	13,72	34,89%	460	430	1520	P
0006/JÁ/01/03-1	33,75	2,41	7,13%	580	490	2550	P
0007/JÁ/01/03-1	37,13	0,50	1,35%	590	520	2685	P
0008/BA/01/03-1	145,84	30,09	20,64%	690	560	3040	P
0009/PC/01/03-1	5,18	0,32	6,16%	440	375	1770	O
0015/PC/01/03-1	7,84	0,73	9,30%	450	400	2255	O
0017/PM/01/03-1/M	133,71	25,32	18,94%	489	400	1030	P
0018/PC/01/03-1	6,38	1,46	22,85%	450	390	2025	O
0019/PC/01/03-1	1,19	0,00	0,22%	420	365	1890	O
0020/PC/01/03-1	1,20	0,00	0,29%	420	360	1885	O
0026/PC/02/03-1	1,21	0,00	0,06%	410	350	1765	O
0027/CV/02/03-1	36,79	2,47	6,70%	300	255	370	P
0028/JI/02/03-1	23,49	2,78	11,83%	555	475	685	P
0029/JU/02/03-1	144,04	13,16	9,14%	386	320	344	P
0030/SA/02/03-1	6,70	0,02	0,31%	290	238	374	D
0031/AR/02/03-1	2,31	0,01	0,61%	335	250	628	D
0032/PCCN/02/03-1	10,69	0,16	1,50%	180	140	150	O
0033/PP/02/03-1	2,37	0,01	0,45%	190	165	178	O
0037/CV/02/03-1	21,30	3,18	14,94%	340	290	524	P
0043/PC/03/03-1	4,76	0,55	11,52%	300	260	655	O
0044/PI/03/03-1	30,18	5,68	18,83%	260	220	470	P
0045/PC/03/03-1/F	7,79	0,79	10,11%	460	430	2485	O
0046/PU/03/03-1	11,90	1,55	12,99%	270	235	280	O
0047/PC/03/03-1	8,42	1,59	18,89%	380	350	1260	O
0048/PU/03/03-1	15,79	0,73	4,63%	235	200	170	O
0055/CT/01/03-2	13,07	2,36	18,07%	330	280	450	D
0056/PC/01/03-2	18,59	2,99	16,06%	430	390	1800	O
0057/PC/01/03-2/M	2,23	0,02	0,90%	440	385	1850	O
0058/PC/01/03-2	2,26	0,01	0,23%	440	380	2150	O
0059/PC/01/03-2	2,25	0,01	0,53%	350	315	1000	O
0060/CT/01/03-2	8,40	2,81	33,49%	350	300	700	D
0061/PC/01/03-2	15,01	4,67	31,15%	460	410	2300	O
0062/CT/01/03-2	7,38	1,35	18,34%	335	300	600	D
0063/CT/01/03-2	13,77	1,10	7,99%	405	360	1300	D
0064/PC/01/03-2	4,79	0,00	0,06%	420	390	1630	O
0065/PC/01/03-2	4,71	0,08	1,64%	420	370	1500	O
0067/PC/01/03-2	4,69	0,04	0,89%	450	390	1850	O
0068/CC/01/03-2	37,91	1,63	4,31%	780	700	4500	P
0069/PC/03/03-2	10,88	1,06	9,72%	470	380	2250	O
0070/PC/03/03-2	6,88	0,00	0,01%	400	340	1740	O
0071/PC/03/03-2	6,95	0,04	0,53%	460	380	2460	O
0072/PC/03/03-2	5,44	0,01	0,19%	430	380	2230	O
0073/CT/03/03-2	11,60	0,03	0,30%	360	300	885	D
0074/CT/03/03-2	11,24	0,04	0,31%	320	250	515	D

0075/CT/03/03-2	16,29	4,36	26,76%	335	285	695	D
0076/CT/03/03-2	4,60	0,07	1,54%	325	285	580	D
0077/CT/03/03-2	19,90	0,02	0,12%	330	310	855	D
0078/CT/03/03-2	20,82	4,41	21,16%	300	250	475	D
0079/CT/03/03-2	7,93	1,46	18,41%	345	295	700	D
0080/CT/03/03-2	5,43	0,04	0,67%	355	295	720	D
0083/CT/03/03-2	10,37	0,11	1,09%	350	310	825	D
0084/CT/03/03-2	11,66	0,09	0,79%	375	315	855	D
0085/CT/03/03-2	7,03	0,05	0,77%	375	330	957	D
0087/PC/03/03-2	26,68	3,93	14,75%	521	440	4020	O
0090/PC/01/03-2	29,00	0,32	1,09%	430	380	1715	O
0091/PC/01/03-2	19,88	1,77	8,88%	470	440	2600	O
0092/CT/01/03-2/M	12,70	0,02	0,17%	350	305	620	D
0093/XB/01/03-2/F	22,94	2,08	9,06%	315	290	470	H
0094/PC/01/03-2	5,47	0,02	0,28%	430	390	1825	O
0095/PC/01/03-2	10,48	0,85	8,14%	460	420	2070	O
0096/PC/01/03-2	9,08	1,99	21,92%	410	370	1500	O
0097/PC/01/03-2	8,20	3,15	38,43%	430	390	1920	O
0098/PC/01/03-2	5,14	0,01	0,22%	385	350	1440	O
0099/PC/01/03-2	18,36	0,08	0,43%	440	410	2000	O
0100/PC/01/03-2	6,75	0,12	1,74%	425	385	1735	O
0101/PC/01/03-2	5,06	0,03	0,51%	435	395	1815	O
0102/PC/01/03-2	17,11	1,46	8,53%	430	400	1835	O
0103/PC/01/03-2	6,74	0,02	0,36%	400	360	1350	O
0104/PC/01/03-2	22,49	3,74	16,65%	375	350	1265	O
0105/CT/01/03-2	16,36	1,52	9,27%	350	310	700	D
0106/CT/01/03-2	74,78	10,41	13,92%	390	360	1025	D
0107/CC/01/03-2	66,44	7,23	10,88%	730	660	3710	P
0108/CC/01/03-2	14,00	1,38	9,83%	700	640	3490	P
0109/XB/01/03-2	13,33	1,08	8,10%	280	255	320	H
0110/XB/01/03-2	5,09	0,06	1,14%	250	230	220	H
0111/XB/01/03-2	23,53	4,60	19,57%	240	215	170	H
0113/XB/01/03-2	5,13	0,02	0,46%	290	270	340	H
0114/XB/01/03-2	30,11	0,37	1,22%	295	270	375	H
0115/XB/01/03-2	5,65	1,33	23,57%	250	225	275	H
0116/XB/01/03-2	20,62	1,49	7,21%	270	245	280	H
0117/XB/01/03-2	20,62	1,55	7,53%	250	230	220	H
0118/XB/01/03-2	12,20	1,02	8,34%	275	250	255	H
0119/XB/01/03-2	19,70	1,65	8,38%	290	250	275	H
0120/XB/01/03-2	23,35	2,93	12,56%	?	?	270	H
0121/CC/01/04-1	81,27	15,20	18,70%	1030	920	9250	P
0123/PC/01/04-1	6,97	0,03	0,41%	420	390	1765	O
0124/PC/01/04-1	10,63	1,35	12,71%	460	400	2135	O
0125/PC/01/04-1	24,48	5,21	21,29%	440	390	1950	O
0126/PC/01/04-1	10,29	0,00	0,02%	410	370	1670	O
0127/CT/01/04-1	5,14	0,00	0,04%	360	320	885	D
0128/CT/01/04-1	17,06	1,18	6,89%	290	260	390	D
0129/PC/01/04-1	5,50	0,05	0,83%	410	370	1730	O
0130/CT/01/04-1	16,45	0,23	1,40%	390	350	950	D
0131/CT/01/04-1	14,38	0,98	6,85%	360	330	755	D
0132/CT/01/04-1	19,27	3,14	16,28%	390	350	1025	D
0133/CT/01/04-1	5,08	0,05	1,00%	330	300	675	D
0134/PC/03/04-1	17,85	0,02	0,08%	390	300	1325	O
0135/PC/03/04-1	19,71	2,11	10,70%	490	440	2750	O

0138/PC/03/04-1	6,72	0,06	0,84%	410	380	1730	O
0139/PC/03/04-1	6,86	1,22	17,77%	410	380	1590	O
0140/PC/01/04-1	16,72	0,27	1,60%	480	425	2735	O
0141/PC/01/04-1	7,01	0,02	0,35%	430	390	2200	O
0142/PC/01/04-1	5,14	0,00	0,00%	420	370	1795	O
0143/PC/01/04-1	13,89	4,07	29,33%	480	440	2820	O
0145/PC/01/04-1	10,73	1,12	10,39%	400	360	?	O
0146/PC/01/04-1	11,44	0,07	0,62%	385	340	1425	O
0147/PC/01/04-1	11,54	0,15	1,31%	425	370	1745	O
0148/PC/01/04-1	24,25	5,21	21,47%	430	382	1950	O
0149/PC/01/04-1	12,02	1,14	9,48%	490	435	3085	O
0150/PC/01/04-1	29,49	0,10	0,34%	530	480	3730	O
0151/PC/01/04-1	23,64	0,05	0,21%	445	395	2230	O
0152/PC/01/04-1	23,44	0,60	2,54%	490	450	3090	O
0153/PC/01/04-1	23,44	0,48	2,06%	480	430	2825	O
0155/PC/01/04-1	22,18	3,84	17,29%	410	370	1635	O
001/PI/03/03-2	12,68	0,14	1,11%	155	120	96	P
002/CAT/03/03-2	20,91	2,80	13,39%	160	130	74	P
003/CAT/03/03-2	21,12	4,28	20,27%	175	145	130	P
004/CAT/03/03-2	36,94	4,86	13,16%	175	145	110	P
005/CAT/03/03-2	18,63	1,01	5,42%	155	130	72	P
006/CAT/03/03-2	20,70	3,62	17,47%	195	165	166	P
007/CAT/03/03-2	33,67	4,79	14,24%	180	155	122	P
008/PI/03/03-2	38,89	3,48	8,95%	255	215	510	P
009/PI/03/03-2	20,72	3,39	16,38%	205	170	276	P
010/PI/03/03-2	34,74	1,91	5,50%	175	135	134	P
011/PI/03/03-2	17,71	1,24	7,01%	230	175	282	P
50/PN	77,61	3,13	4,04%	240	210	435	P
51/PN	40,40	4,08	10,10%	255	225	481	P
57/PN	259,27	32,82	12,66%	270	250	605	P
58/PN	28,63	4,23	14,76%	160	140	127	P
59/PN	53,78	4,10	7,63%	220	200	335	P
60/PN	69,17	5,32	7,69%	255	230	540	P
61/PN	121,94	13,44	11,02%	255	235	555	P
62/PN	31,87	0,17	0,53%	230	200	385	P
70/PN	38,16	6,54	17,15%	220	205	335	P
73/PN	13,14	1,43	10,88%	190	165	190	P
80/PN	42,60	4,25	9,98%	210	185	275	P
87/PN	40,30	3,30	8,19%	210	195	320	P
90/PN	48,61	4,53	9,31%	205	190	255	P
92/PN	37,28	6,41	17,19%	?	?	640	P
100/PN	65,13	8,66	13,29%	275	250	700	P
104/PN	21,62	0,01	0,04%	205	180	265	P
107/PN	39,37	3,49	8,85%	205	185	260	P
108/PN	25,00	4,72	18,86%	200	185	255	P
109/PN	24,83	4,52	18,20%	225	205	375	P
110/PN	27,02	4,64	17,17%	195	175	215	P
113/PN	79,28	8,77	11,07%	270	250	665	P
114/PN	26,64	5,27	19,79%	210	190	315	P
115/PN	17,96	0,10	0,57%	210	180	275	P
116/PN	25,01	5,15	20,59%	210	185	250	P
117/PN	41,63	1,38	3,32%	220	200	320	P
118/PN	30,57	0,11	0,37%	215	195	360	P
121/PN	29,13	5,48	18,81%	?	?	?	P

123/PN	23,94	2,82	11,78%	215	200	350	P
124/PN	17,74	2,50	14,09%	230	205	425	P
125/PN	28,23	1,76	6,22%	190	175	220	P
131/PN	68,33	5,51	8,06%	270	240	540	P
149/PN	95,92	16,87	17,59%	245	225	445	P
001/PN/2006	40,60	4,12	10,16%	140	120	74	P
002/PN/2006	25,48	1,54	6,02%	170	145	174	P
003/PN/2006	35,71	3,71	10,40%	190	150	168	P
004/PN/2006	126,83	16,07	12,67%	175	140	156	P
005/PN/2006	60,11	9,35	15,55%	170	140	156	P
006/PN/2006	69,20	11,05	15,96%	135	110	72	P
007/PN/2006	17,86	0,15	0,85%	185	145	176	P
008/PN/2006	59,49	3,90	6,55%	165	135	140	P
009/PN/2006	93,64	11,96	12,78%	190	155	190	P
010/PN/2006	148,96	4,78	3,21%	185	145	140	P
011/PN/2006	51,80	3,26	6,29%	180	140	148	P
012/PN/2006	193,22	8,04	4,16%	190	155	160	P
013/PN/2006	139,85	26,79	19,16%	150	125	94	P
014/PN/2006	30,21	5,05	16,71%	150	125	90	P
015/CAT/2006	76,58	10,48	13,69%	175	130	72	P
016/PN/2006	130,29	15,82	12,15%	170	135	108	P
017/PN/2006	91,53	14,50	15,85%	145	115	80	P
018/PN/2006	181,04	18,86	10,42%	160	130	114	P
019/PN/2006	47,37	5,33	11,25%	145	115	86	P
020/PN/2006	34,64	6,36	18,36%	185	150	200	P
021/PN/2006	34,99	6,46	18,46%	175	140	142	P
022/PN/2006	34,95	0,41	1,19%	170	140	144	P
023/PN/2006	113,68	27,48	24,17%	170	135	122	P
024/PN/2006	29,71	3,71	12,47%	155	125	106	P
025/PN/2006	115,20	30,25	26,26%	150	140	114	P
026/PN/2006	21,03	3,19	15,17%	150	120	80	P
027/PN/2006	54,09	9,31	17,21%	130	110	56	P
028/PN/2006	21,10	5,28	25,03%	160	125	112	P
029/PN/2006	136,89	47,06	34,38%	165	140	136	P
030/TR/2006	128,31	8,26	6,44%	395	340	768	P
031/PN/2006	72,94	12,18	16,69%	185	150	196	P
032/PN/2006	44,79	6,52	14,55%	165	130	122	P
033/PN/2006	28,21	1,49	5,27%	145	115	92	P
034/PN/2006	126,87	12,09	9,53%	150	125	86	P
035/PN/2006	47,70	3,49	7,32%	150	120	100	P
036/PN/2006	31,40	5,68	18,08%	165	135	150	P
037/PN/2006	198,72	19,85	9,99%	160	130	110	P
038/PN/2006	61,79	12,06	19,52%	160	135	112	P
039/PN/2006	281,66	30,49	10,82%	155	130	96	P
040/PN/2006	90,23	9,50	10,53%	135	110	60	P
041/PN/2006	34,87	5,21	14,95%	140	120	72	P
042/PN/2006	106,70	8,60	8,06%	235	195	422	P
043/PN/2006	121,45	24,03	19,79%	270	220	624	P
044/PN/2006	132,73	2,09	1,58%	230	195	368	P
045/PN/2006	29,42	3,74	12,70%	205	175	214	P
046/PN/2006	42,00	10,62	25,28%	190	160	200	P
047/PN/2006	36,65	5,29	14,43%	190	160	230	P
048/PN/2006	53,91	19,46	36,09%	180	145	158	P
049/PN/2006	55,30	0,09	0,16%	185	150	178	P

050/CAT/2006	75,74	8,90	11,75%	210	180	204	P
051/PN/2006	52,16	7,70	14,77%	190	155	146	P
052/PN/2006	26,70	0,20	0,73%	170	135	130	P
053/PN/2006	53,91	10,08	18,69%	175	145	146	P
054/PN/2006	43,27	0,52	1,20%	165	135	144	P
055/PN/2006	131,01	2,31	1,77%	140	110	66	P
056/PN/2006	122,45	21,58	17,62%	260	205	456	P
057/PN/2006	141,02	35,75	25,35%	245	200	442	P
058/PN/2006	75,29	7,88	10,47%	220	185	370	P
059/PN/2006	69,38	16,55	23,85%	230	190	354	P
060/PN/2006	27,86	4,87	17,47%	200	165	222	P
061/PN/2006	46,66	11,45	24,54%	170	145	160	P
062/PN/2006	62,31	6,23	9,99%	205	165	270	P
063/PN/2006	38,59	3,95	10,24%	185	160	200	P
064/PN/2006	76,64	9,99	13,03%	180	150	190	P
065/PN/2006	56,61	51,02	90,12%	170	150	152	P
066/PN/2006	17,37	1,71	9,87%	180	150	160	P
067/PN/2006	30,81	8,83	28,68%	170	140	132	P

Apêndice II

Tabela 14. Resultados de Hg em cérebro de peixes e dados biométricos

Cérebro							
Amostra	[Hg] Média	s	C.V.	CT(mm)	CP (mm)	Peso (g)	N.Trófico
0007/JÁ/01/03-1	107,28	30,42	28,4%	590	520	2685	P
0017/PM/01/03-1/M	10,74	2,11	19,6%	489	400	1030	P
0055/CT/01/03-2	26,63	6,57	24,7%	330	280	450	D
0056/PC/01/03-2	18,66	1,40	7,5%	430	390	1800	O
0057/PC/01/03-2/M	40,11	0,50	1,2%	440	385	1850	O
0060/CT/01/03-2	20,33	0,03	0,2%	350	300	700	D
0061/PC/01/03-2	19,96	0,24	1,2%	460	410	2300	O
0062/CT/01/03-2	20,18	0,13	0,6%	335	300	600	D
0063/CT/01/03-2	19,96	0,00	0,0%	405	360	1300	D
0064/PC/01/03-2	29,61	0,00	0,0%	420	390	1630	O
0065/PC/01/03-2	10,04	0,03	0,3%	420	370	1500	O
0066/CT/01/03-2	10,09	0,05	0,5%	320	280	500	D
0067/PC/01/03-2	9,90	0,05	0,5%	450	390	1850	O
0072/PC/03/03-2	10,06	0,10	1,0%	430	380	2230	O
0073/CT/03/03-2	10,02	0,10	1,0%	360	300	885	D
0074/CT/03/03-2	139,12	90,94	65,4%	320	250	515	D
0076/CT/03/03-2	57,64	0,38	0,7%	325	285	580	D
0077/CT/03/03-2	46,47	9,71	20,9%	330	310	855	D
0078/CT/03/03-2	82,78	12,68	15,3%	300	250	475	D
0079/CT/03/03-2	146,20	63,00	43,1%	345	295	700	D
0080/CT/03/03-2	148,85	4,35	2,9%	355	295	720	D
0081/CT/03/03-2	64,79	10,43	16,1%	300	265	480	D
0083/CT/03/03-2	54,06	6,41	11,9%	350	310	825	D
0088/PC/03/03-2	123,88	35,92	29,0%	?	?	?	O
0092/CT/01/03-2/M	61,80	6,61	10,7%	350	305	620	D
0094/PC/01/03-2	242,59	41,39	17,1%	430	390	1825	O
0095/PC/01/03-2	57,94	1,07	1,9%	460	420	2070	O
0097/PC/01/03-2	150,78	28,13	18,7%	430	390	1920	O
0098/PC/01/03-2	20,92	5,24	25,0%	385	350	1440	O
0100/PC/01/03-2	57,79	1,02	1,8%	425	385	1735	O
0101/PC/01/03-2	25,02	0,08	0,3%	435	395	1815	O
0102/PC/01/03-2	48,01	7,30	15,2%	430	400	1835	O
0103/PC/01/03-2	50,96	9,92	19,5%	400	360	1350	O
0104/PC/01/03-2	51,80	10,95	21,1%	375	350	1265	O
0109/XB/01/03-2	57,16	0,02	0,0%	280	255	320	H
0110/XB/01/03-2	57,48	10,66	18,6%	250	230	220	H
0113/XB/01/03-2	66,98	5,63	8,4%	290	270	340	H
0114/XB/01/03-2	10,13	0,16	1,5%	295	270	375	H
0116/XB/01/03-2	56,48	0,23	0,4%	270	245	280	H
0121/CC/01/04-1	53,87	0,33	0,6%	1030	920	9250	P
0122/CT/01/04-1	16,07	0,28	1,7%	440	390	1400	D
0124/PC/01/04-1	56,85	0,50	0,9%	460	400	2135	O
0125/PC/01/04-1	45,82	0,57	1,2%	440	390	1950	O
0127/CT/01/04-1	57,53	20,09	34,9%	360	320	885	D
0134/PC/03/04-1	43,04	0,07	0,2%	390	300	1325	O
0136/PC/03/04-1	67,04	0,21	0,3%	450	410	2185	O
0137/PC/03/04-1	60,70	9,18	15,1%	?	?	?	O
0138/PC/03/04-1	54,01	12,26	22,7%	410	380	1730	O
0139/PC/03/04-1	84,01	7,93	9,4%	410	380	1590	O

0142/PC/01/04-1	9,98	0,05	0,5%	420	370	1795	O
0155/PC/01/04-1	16,05	0,29	1,8%	410	370	1635	O
002/PN/2006	80,31	7,54	9,4%	170	145	174	P
003/PN/2006	75,22	13,85	18,4%	190	150	168	P
004/PN/2006	208,81	77,84	37,3%	175	140	156	P
005/PN/2006	295,00	63,84	21,6%	170	140	156	P
006/PN/2006	103,68	3,97	3,8%	135	110	72	P
007/PN/2006	96,15	10,67	11,1%	185	145	176	P
010/PN/2006	41,98	5,90	14,0%	185	145	140	P
011/PN/2006	20,71	3,87	18,7%	180	140	148	P
019/PN/2006	167,89	42,34	25,2%	145	115	86	P
020/PN/2006	100,26	24,75	24,7%	185	150	200	P
023/PN/2006	79,15	6,67	8,4%	170	135	122	P
024/PN/2006	65,71	9,22	14,0%	155	125	106	P
025/PN/2006	135,72	54,09	39,9%	150	140	114	P
026/PN/2006	65,00	2,24	3,4%	150	120	80	P
028/PN/2006	39,81	10,86	27,3%	160	125	112	P
029/PN/2006	64,65	12,90	19,9%	165	140	136	P
030/TR/2006	66,62	3,93	5,9%	395	340	768	P
031/PN/2006	37,51	3,50	9,3%	185	150	196	P
033/PN/2006	43,01	7,63	17,7%	145	115	92	P
034/PN/2006	61,31	10,42	17,0%	150	125	86	P
036/PN/2006	51,52	2,44	4,7%	165	135	150	P
037/PN/2006	66,12	0,08	0,1%	160	130	110	P
038/PN/2006	9,27	0,13	1,4%	160	135	112	P
039/PN/2006	85,82	0,12	0,1%	155	130	96	P
040/PN/2006	61,71	7,47	12,1%	135	110	60	P
041/PN/2006	11,19	0,32	2,8%	140	120	72	P
042/PN/2006	175,95	27,06	15,4%	235	195	422	P
043/PN/2006	65,84	17,50	26,6%	270	220	624	P
044/PN/2006	58,05	6,96	12,0%	230	195	368	P
045/PN/2006	1,75	0,29	16,8%	205	175	214	P
046/PN/2006	32,06	2,70	8,4%	190	160	200	P
047/PN/2006	35,38	3,16	8,9%	190	160	230	P
048/PN/2006	85,43	11,77	13,8%	180	145	158	P
049/PN/2006	96,47	9,60	10,0%	185	150	178	P
050/CAT/2006	34,93	3,35	9,6%	210	180	204	P
052/PN/2006	25,85	0,47	1,8%	170	135	130	P
053/PN/2006	96,17	32,48	33,8%	175	145	146	P
054/PN/2006	71,33	3,63	5,1%	165	135	144	P
055/PN/2006	53,54	6,01	11,2%	140	110	66	P
056/PN/2006	101,56	3,77	3,7%	260	205	456	P
057/PN/2006	115,64	11,92	10,3%	245	200	442	P
058/PN/2006	28,95	5,42	18,7%	220	185	370	P
059/PN/2006	66,77	7,53	11,3%	230	190	354	P
060/PN/2006	16,59	2,12	12,8%	200	165	222	P
062/PN/2006	32,19	0,62	1,9%	205	165	270	P
063/PN/2006	29,66	3,67	12,4%	185	160	200	P
064/PN/2006	50,27	7,60	15,1%	180	150	190	P
065/PN/2006	66,18	20,65	31,2%	170	150	152	P
066/PN/2006	32,72	0,42	1,3%	180	150	160	P